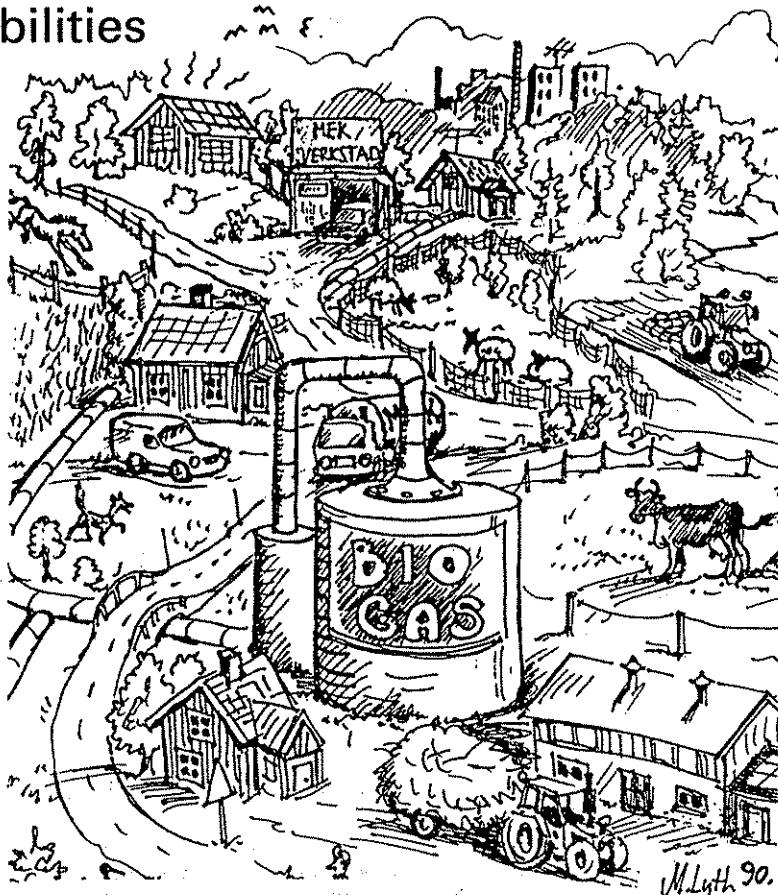


**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

## **Lokal energiförsörjning i byn Vasselhyttan** — resurser och möjligheter

**Local energy supply in the  
village Vasselhyttan**  
— resources and possibilities

**Anna Färdal  
Elisabeth Ilskog**



**Institutionen för lantbruksteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Agricultural Engineering**

**Rapport 140  
Report  
Uppsala 1990**

ISSN 0283-0086

ISBN 91-576-4191-9

**DOKUMENTDATABLAD för rapportering till SLU:s lantbruksdatabas LANTDOK, Svensk lantbruksbibliografi och AGRIS (FAO:s lantbruksdatabas)**

<b>Institution/motsvarande</b>  Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för lantbruksteknik 750 07 Uppsala		<b>Dokumenttyp</b> Examensarbete / Rapport	
		<b>Utgivningsår</b> 1990	<b>Målgrupp</b> Alla
<b>Författare/upphov</b>  Färdal, Anna Ilskog, Elisabeth			
<b>Dokumentets titel</b>  Lokal energiförsörjning i byn Vasselhyttan - resurser och möjligheter			
<b>Ämnesord (AGROVOC)</b>  Elbesparing, energihushållning, energiplanering, energiteknik, värmedistribution, fliseldning, biogasproduktion			
<b>Andra ämnesord</b>			
<b>Projektnamn</b>  Energisystemstudier av samhällen i jord- och skogsbygd			
<b>Serie-/tidskriftstitel och volym/nr</b>  Examensarbete. Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för lantbruksteknik. Rapport 140		<b>ISBN</b> 91-576-4191-9	
		<b>ISSN</b> 0283-0086	
<b>Språk</b> Svenska	<b>Smf-språk</b> Engelska	<b>Omfång</b> 44 s + bilagor	<b>Antal ref.</b> 54

Postadress  
 SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET  
 Ultunabiblioteket  
 Förvärvssektionen/LANTDOK  
 Box 7071  
 S-750 07 UPPSALA  
 Sweden

Besöksadress  
 Centråla Ultuna 22  
 Uppsala

Telefonnummer  
 018-67 10 00 vx  
 018-67 10 98  
 018-67 10 97

Telex  
 76062 ULTBIBL S

## FÖRORD

Den här rapporten handlar om resurser och möjligheter för lokal energiproduktion i byn Vasselhyttan i nordvästra Västmanland. Bakgrunden till rapporten är följande:

Sveriges riksdag har beslutat att kärnkraften ska avvecklas. Riksdagen har också beslutat att vattenkraften inte ska byggas ut mer än marginellt. Nya elproduktionsanläggningar baserade på andra energikällor måste därför byggas upp. Det nya energiförsörjningssystemet ska vara miljöanpassat och uppfylla riksdagens beslut om att koldioxidutsläppen inte får öka och att utsläppen av kväveoxider och svavel ska minska.

För att det nya energiförsörjningssystemet ska uppfylla de av riksdagen beslutade miljömålen, får användningen av fossila bränslen inte öka. Sannolikt måste kärnkraften till största delen ersättas av en kombination av bioenergi, vindkraft och solenergi. För att minska behovet av fossila bränslen och el i samband med kärnkraftsavvecklingen, kan lokalt producerad (och använd) energi på landsbygden bli en viktig komponent i den svenska energiförsörjningen.

Sveriges lantbruksuniversitet har av Statens energiverk fått i uppdrag att genomföra ett projekt kallat "Energisystemstudier av samhällen i jord- och skogsbygd". I en första etapp har undersökts möjligheten för två byar, en i skogsbygd och en i slättbygd, att bli självförsörjande i fråga om energi. Den ena byn är Vasselhyttan. Den andra byn, Kjulaby i Eskilstuna kommun, presenteras i en separat rapport.

Uppsala i april 1990

Anders Almquist  
projektledare

## SAMMANFATTNING

Utgångspunkten för föreliggande undersökning är ett minskat elberoende på landsbygden. Många hus på landsbygden uppvärms idag genom direktverkande el. Detta kommer att bli ett problem vid kärnkraftavvecklingen. Utredningen ska därför bedöma möjligheterna för lokal energiproduktion på bynivå samt i vilken grad lantbruket kan bli energiproducent som komplement till den idag huvudsakliga livsmedelsproduktionen. Arbetet har begränsats till att undersöka energiförsörjningen för uppvärmningsändamål.

Utredningen genomförs av Institutionen för lantbruksteknik i Uppsala på uppdrag av Statens Energiverk.

Byn Vasselhyttan belägen 2 mil norr om Lindesberg valdes som undersökningsobjekt. Vasselhyttan ligger i en typisk skogsbygd. Byn består av drygt 200 personer.

Arbetet inleddes med en attitydundersökning hos kommunen respektive byinvånarna. Kommunens inställning till en lokal energiproduktion var positiv. Någon möjlighet till kommunalt ekonomiskt stöd fanns dock inte. Av Vasselhytteborna var många intresserade av att bli självförsörjande på energi. Ungefär hälften av de som har direktverkande el i sina bostäder ville inom den närmsta tiden konvertera till någon annan energikälla. De flesta av byinvånarna ansåg att skogsbränsle var den bästa energikällan. Några tyckte att biogas vore ett bra alternativ. Däremot var nästan alla lantbrukare emot energiskogsodling.

På grund av Vasselhyttans förutsättningar valde vi att fördjupa oss i energikällorna skogsbränsle och energiskog. Byinvånarnas intresse för biogas gjorde att vi även valde att studera möjligheterna för en biogasanläggning.

### Skogsbränsle

Vårt skogsbränslealternativ bygger på ved som eldas i enskilda pannor i bostäderna. Eldningstekniken effektiviseras gentemot den idag använda i byn. Detta medför att veden från Vasselhyttans skog teoretiskt skulle kunna räcka till alla byns bostäder om dessa isoleras så att k-värden enligt Svensk byggnorm erhålls. I detta alternativ ingår också en solfångare för uppvärmning av främst tappvarmvatten sommartid.

### Biogas

Beräkningarna här bygger på att biogas produceras från gödsel från byns nötkreatur samt från gräsensilage. För att försörja 23 bostäder med uppvärmningsenergi åtgår gödsel från 146 kor och lika många ungdjur samt ensilage från cirka 27 ha. Även stora mängder vätska krävs till rötningen.

Som spetslast till biogasen används Gasol.

## Energiskog

I energiskogsförslaget har vi räknat med en fjärrvärmeanläggning som försörjer 32 hushåll. Fjärrvärmeverket eldas med flis från energiskog odlad på 15 ha samt med skogsavfall. Till fjärrvärmeverket ansluts ett solfångarfält. Detta används för uppvärmning av främst tappvarmvatten sommartid då flispannan ej används.

## Ekonomiska aspekter

Det visade sig att biogasalternativet skulle bli betydligt mycket dyrare än de övriga alternativen. Skogsbränsle- och energiskogsalternativet ger ungefär samma kostnad per kWh. Alla alternativen ger dock ett dyrare pris per kWh än dagens elpris. I tabell 1 visas de olika alternativens årskostnad samt pris per kWh.

Tabell 1. De olika alternativens årskostnad samt pris per kWh

	Årskostnad (kr/bostad)	Energipris (kr/kWh)
Skogsbränslealternativet	9 600	0,58
Biogasalternativet	43 000	1,61
Energiskogsalternativet	15 600	0,58

Med energipris menas kostnaden per kWh som kommer huset till godo.

## Slutsatser

Vi finner att alternativet med vedeldning i pannor i de enskilda bostäderna är det bästa alternativet för Vasselhyttan. Detta grundar vi främst på:

- \* Byns stora skogsresurs
- \* Den ökade sysselsättningen
- \* Bybornas positiva inställning till ved
- \* Vedens miljövänlighet

För att en lokal energiproduktion, för att ersätta elvärmen i Vasselhyttan, ska bli ekonomiskt försvarbar krävs en kraftig höjning av elpriset under de närmaste åren. Eftersom något slutgiltigt beslut angående energiskatter, moms och miljöavgifter ännu ej är taget är det kommande energipolitiska läget svårt att fastställa. Om skatter och avgifter sätts till fördel för biobränslen tror vi att Vasselhyttan har goda förutsättningar för en lokal energiförsörjning.

## SUMMARY

The main purpose of this survey is to investigate the possibility of a decrease in the dependency of electricity in the rural areas. The households which are dependent on electricity as the basic source of energy, will have problems at the time of the winding up of the *nuclear-power-stations*. The aim of this investigation is to estimate the possibilities for the farmers to produce local energy for heating as a complement to the traditional food production.

The investigation is carried out for the Department of Agricultural Engineering in Uppsala at the request of the State department of Energy.

The village of Vasselhyttan, located 20 km north of Lindesberg, was selected as an object for the investigation. The district is dominated by forest. The population of the village is 200 people.

The first part of the work was to establish the attitudes held by the inhabitants of the village and by the municipality. Generally the attitudes was positive to a local production of energy. Most of the inhabitants considered woodfuel to be the best source of energy. Some of them also suggested biogas as a good alternative.

Due to the aspects described above and to the high potential of forest in the area we choosed to concentrate on fuelwood produced in forest and on cultivated land. We looked upon the possibilities to produce biogas from manure and silage as well.

These energy sources were investigated in three different alternatives. Two of them also included a sun-collector system. The conclusion we made, among these alternatives, was that a system with a separate furnace for woodfuel in each house was the most suitable. This conclusion was made after consiering:

- \* the asset of fuelwood from the surrounding forest
- \* the custom of the inhabitants and the structure of the village
- \* the increase of the laboryeeds
- \* the environmental effects sustained by the fuelwood

According to the economical aspects, a local production of energy in Vasselhyttan can only become a reality if the price of electricity is highly increased. A decision of a more forceful energy price policy in the nearest future would be desirable. Until then no conclusion can be made. However, the energy taxes and fees can be used to give priority to energy produced from biomass. If that is the case, we think that Vasselhyttan has a good potential for a future local production of energy.

## Innehållsförteckning

1 INLEDNING .....	1
2 BESKRIVNING AV BYN VASSELHYTTAN .....	3
2.1 Vasselhyttans geografiska läge .....	3
2.2 Historia .....	4
2.3 Byn i dag .....	5
2.4 Service och andra verksamheter .....	6
2.5 Aldersfördelning och sysselsättning .....	6
2.5.1 Företag inom byn .....	6
2.6 Fördelning på ägoslag .....	6
2.7 Lantbruk .....	7
2.7.1 Genomsnittsgård i Vasselhyttan .....	7
2.8 Bostadshusens energiförsörjning .....	7
2.8.1 Hushåll fördelade efter värmesystem .....	7
2.9 Energitillförsel .....	8
2.9.1 Elektricitet .....	8
2.9.2 Ved .....	8
2.9.3 Olja .....	9
2.9.4 Energibalans för uppvärmning .....	9
3 KOMMUNAL ENERGIPLANERING .....	10
3.1 Sammanfattning av Lindesbergs kommuns energiplan .....	10
3.1.1 "Kommunens energipolitiska program" .....	10
3.1.2 Distribution och användning av energi .....	10
3.1.3 Val av bränslesystem .....	11
3.2 Intervju med Lindesbergs kommuns energiverkschef .....	12
3.2.1 Lindesbergs tätort .....	12
3.2.2 Landsbygden .....	12
3.2.3 Energirådgivning .....	13
3.2.4 Energiprisprognos .....	13
4 SAMMANFATTNING AV ATTITYDUNDERSÖKNINGEN I VASSEL HYTTAN .....	13
4.1 Frågor som har diskuterats med samtliga 32 hushåll .....	13
4.2 Frågor som endast har diskuterats med lantbrukare .....	14
4.3 Frågor som ej har diskuterats med lantbrukare utan endast med de övriga intervjuade .....	14
5 MÖJLIGA ENERGIKÄLLOR .....	15
5.1 Skogsbränsle .....	15
5.2 Energiskog (Odling av snabbväxande Salix-arter på åkermark) .....	16
5.3 Halm .....	16
5.4 Gödsel .....	16
5.5 Energigröda .....	16
5.6 Latrin .....	17
5.7 Vindkraft .....	17
5.8 Vattenkraft .....	17
5.9 Solvärme .....	18

6	ENERGISPARANDE ÅTGÄRDER .....	18
6.1	Tätning .....	18
6.2	Tilläggsisolering .....	19
6.3	Rätt inställning av värmesystemet .....	20
6.4	Injustering av ventilationssystemet .....	20
6.5	Värmeväxling .....	20
6.6	Pannans verkningsgrad .....	21
7	BYNS FRAMTIDA ENERGIFÖRSÖRJNING .....	22
7.1	Alternativ I (Enskild fastbränsleeldning) .....	23
7.1.1	Funktionsbeskrivning .....	23
7.1.2	Organisation .....	24
7.1.3	Produktion .....	24
7.1.3.1	Vedeldning i kombination med solvärme .....	25
7.1.3.2	Vedeldning i kombination med el .....	25
7.1.4	Ekonomiska aspekter .....	25
7.1.4.1	Vedeldning i kombination med solvärme .....	25
7.1.4.2	Vedeldning i kombination med el .....	25
7.1.4.3	Genomförande av besparingsåtgärder .....	26
7.1.4.4	Installation av ett vattenburet system .....	26
7.2	Alternativ II (Biogasanläggning) .....	26
7.2.1	Lokalisering .....	26
7.2.2	Metoder för utvinning av biogas .....	28
7.2.2.1	Anläggningar för lösningar med 5 % ts-halt .....	28
7.2.2.1.1	Utspädning av rötningsmaterialet .....	28
7.2.2.1.2	Vätskan tillsätts först i rötkammaren .....	29
7.2.2.2	Anläggningar för material med 20 % ts-halt .....	29
7.2.2.2.1	En-stegsrötning .....	29
7.2.2.2.2	Två-stegsrötning .....	29
7.2.3	Anpassning av produktionen till behovet .....	30
7.2.4	Val av biogasanläggning .....	31
7.2.5	Funktionsbeskrivning av anläggningen .....	31
7.2.6	Organisation .....	32
7.2.7	Biogasproduktion .....	32
7.2.8	Ekonomiska aspekter .....	32
7.3	Alternativ III (Fliseldat fjärrvärmeverk) .....	32
7.3.1	Lokalisering .....	32
7.3.2	Anläggningsbeskrivning .....	33
7.3.3	Funktionsbeskrivning .....	34
7.3.4	Organisation .....	35
7.3.5	Produktion .....	35
7.3.5.1	Fliseldning i kombination med solvärme .....	35
7.3.5.2	Fliseldning i kombination med el .....	35
7.3.6	Ekonomiska aspekter .....	35
7.3.6.1	Odling av energiskog .....	36
7.3.6.2	Fliseldning i kombination med solvärme .....	36
7.3.6.3	Fliseldning i kombination med el .....	36
8	DISKUSSION .....	37
8.1	Vasselhyttans möjligheter till lokal energiproduktion .....	37
8.2	Olika för och nackdelar med de valda alternativen .....	37
8.2.1	Gemensamt för alla tre alternativen .....	38
8.2.2	Alternativ I (Enskild fastbränsleeldning) .....	38



8.2.3 Alternativ II (Biogasanläggning) .....	38
8.2.4 Alternativ III (Fliseldat fjärrvärmeverk) .....	38
8.3 Kan en lokal energiproduktion i byn möjliggöras? .....	39
9 LITTERATURFÖRTECKNING .....	41
10 MUNTliga REFERENSER .....	43
11 FÖRDJUPNINGSLITTERATUR .....	44
12 BILAGOR (1-10) .....	45

## 1 INLEDNING

Denna rapport ingår som en första etapp i en energisystemstudie av samhällen i jord- och skogsbygd. Avsikten med hela projektet är att utreda möjligheterna för lokal energiproduktion och minskad användning av el på bynivå. Detta är ett steg i rätt riktning enligt det av riksdagen fattade beslutet gällande den svenska energiförsörjningen. I framtiden skall energiförsörjningen inriktas mot varaktiga, förnybara, inhemska energikällor och omsorg om miljön. En avlastning av de storskaliga energitillförselsystemen i samband med kärnkraftsavvecklingen är också eftersträfvansvärd (Almquist & Nilsson, 1989).

Utredningen skall även bedöma i vilken grad lantbruket kan bli energiproducent som komplement till den idag huvudsakliga livsmedelsproduktionen. Studien är i första hand avsedd att behandla små och medelstora energiproduktionsanläggningar. Hänsyn tas huvudsakligen till energiproduktion från lokala energikällor såsom ved, flis, halm, vind, vatten, sol och avfall.

Arbetet har inriktats på att undersöka energiförsörjningen för uppvärmningsändamål, för att därigenom bli minskat behovet av el för uppvärmning. Även lokal elproduktion har undersökts genom studie av vatten- och vindkraftverk samt biogasproduktion.

För genomförandet av projektet svarar Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik (LBT) i Lund tillsammans med Institutionen för lantbruksteknik (LT) i Uppsala. Projektet finansieras av Statens energiverk (STEV).

Projektet är indelat i tre etapper. Beslut är ännu ej taget om och när etapp 3 ska genomföras. Beslutet beror av resultaten i etapp 1 och 2. Nedan presenteras den generella uppläggningsplan.

**Etapp 1:** Lokal energiförsörjning på landsbygden fallstudier av möjligheter och attityder. Etappen utförs vid Institutionen för lantbruksteknik

**Etapp 2:** Förutsättningar för lokala energisystem kartläggning och beskrivning. Etappen utförs vid Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik

**Etapp 3:** Uppförande av demonstrationsanläggningar för praktisk tillämpning av Energi i by (Almquist & Nilsson, 1989).

Rapporten utförs som ett examensarbete vars syfte är att genomföra första etappen av projektet i två utvalda byar, en belägen i skogsbygd och en i slättbygd. Arbetet har gjorts av författarna under handledning av Anders Almquist, Institutionen för lantbruksteknik. Som lämplig skogsbygdsby valdes byn Vasselhyttan. Genom kontakt med Gerd Adolfsson, projekt Trelänsmotet samt efter ett besök i byn, framstod Vasselhyttan som passande för projektet. Invånarnas intresse för byns bevarande samt bykärnans utformning medförde att vi fann Vasselhyttan lämplig. Som lämplig slättbygdsby valdes Kjulaby i Eskilstuna kommun.

I denna rapport behandlas endast Vasselhyttan. Studien av Kjulaby sammanfattas i en annan rapport.

Arbetet genomfördes i följande delmoment:

- \* Det geografiska området för undersökningen bestämdes.
- \* De fysiska energiresurserna inom området kartlades.
- \* Byns nuvarande förbrukning av de olika energiformerna för uppvärmning framtogs.
- \* Nettobehovet av uppvärmningsenergi fastställdes.
- \* Möjligheterna att minska energibehovet genom energibesparande åtgärder undersöktes.
- \* Kommunens och byinvånarnas attityd till lokal energiproduktion undersöktes genom intervjuer.
- \* Kommunens energiplan studerades.
- \* Undersökningar av olika energislags lämplighet för uppvärmning av byns bostäder genomfördes.
- \* Grundat på resultat från resurs-, behovs- och attitydundersökningarna upprättades därefter energibalans och energiplan för byn.
- \* Förslag på demonstrationsanläggningar och överslagskalkyler för dessa framtogs.

## 2 BESKRIVNING AV BYN VASSELHYTTAN

### 2.1 Vasselhyttans geografiska läge

Byn Vasselhyttan är belägen i landskapet Västmanlands västra del och tillhör således Örebro län. Byn ligger i Lindesbergs kommun på ett avstånd av 2,5 mil norr om centralorten Lindesberg. Vasselhyttans närmaste större ort är Storå, som har cirka 2 500 invånare och ligger drygt 6 km söder om byn. (Se bild 1)

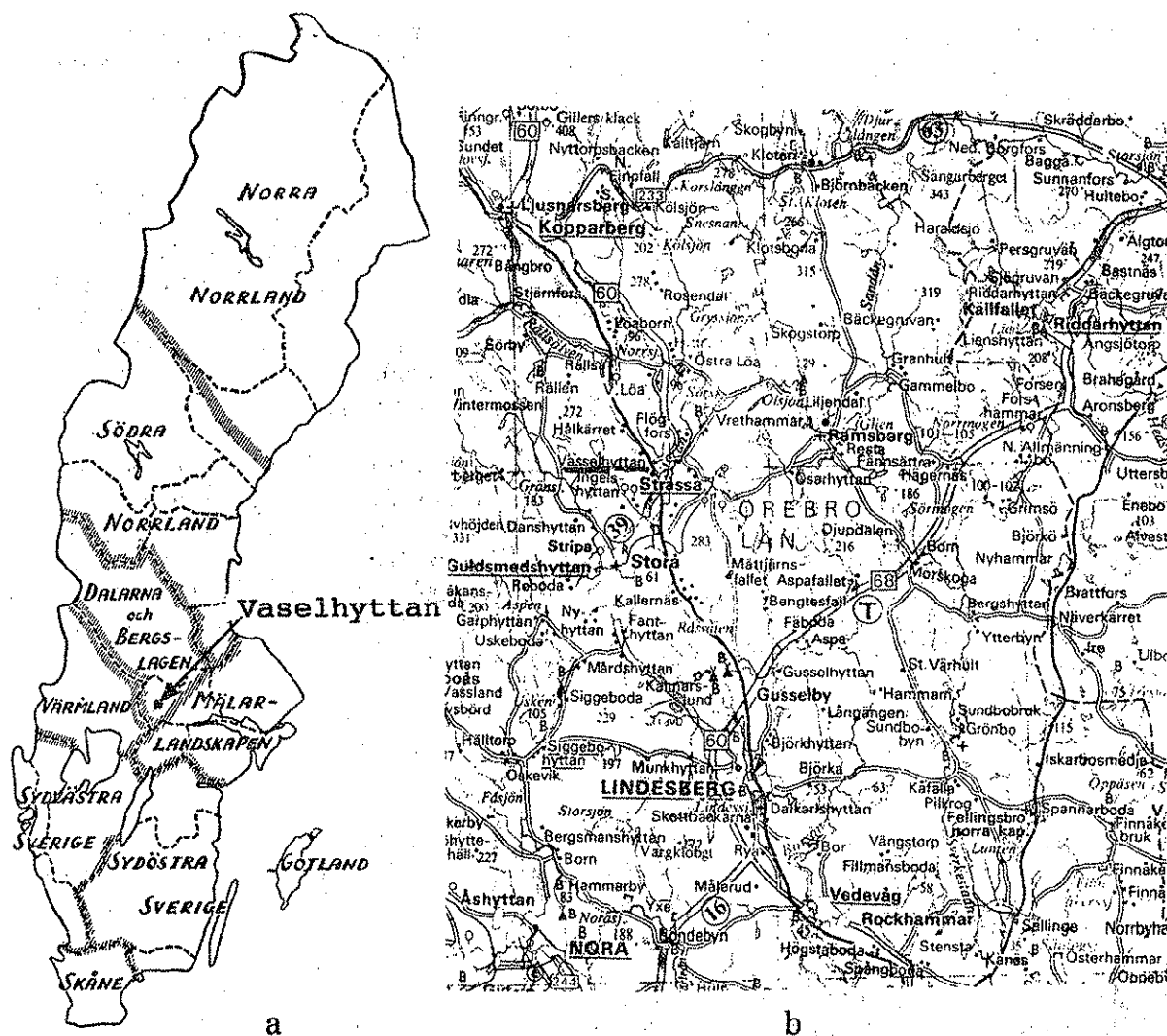


Bild 1 a och b. Byn Vasselhyttans lokalisering, (STF, 1949, Esselte, 1981). Byn Vasselhyttan är vackert belägen i södra Bergslagens skogsbygd. Byn ligger i Storås dalgång. En flytär genom området i nord-sydlig riktning och ingår som en gren i Arbogaåns vattensystem. En förbinder närmast Sörsjön i norr och Råssvalen i söder.

Dalsänkan inom Vasselhyttans by består av ett mindre slättområde som i huvudsak används till jordbruksmark kring vilken också större delen av bebyggelsen är uppförd. Byn ligger på en ishavsbotten och har troligen funnits redan på 1300-talet, men är som by omnämnd i skattelängderna från år 1539 (Hagström & Hagström, 1977).

## 2.2 Historia

Den viktigaste näringsgrenen i Bergslagen har i över ett halvt årtusende varit bergshantering. För malmförädlingen har det sedan medeltiden funnits en mängd små primitiva smältugnar och hammare. Gustav Vasa var den som verkade för införandet av stångjärnssmidet i Bergslagen.

Genom byns centrala delar rinner ett mindre vattendrag, Dammbäcken. Bäckens har sitt tillflöde från Rösjön, väster om byn och mynnar i Storån. Under mitten av 1500-talet uppfördes vid Dammbäcken en hytta där malmen förädlades. Denna hytta fick namnet Vasselhyttan och efter den har byn sedermera blivit uppkallad. De stora anläggningsåren kom dock först under 1600-talet och runt år 1620 anlades i Vasselhyttan även en hammare där malmen vidareförädlades till stångjärnssmide. Ytterligare en hammare fanns i byn under 1600-talet. Denna låg i nordöstra delen av byn. Även ett kopparverk fanns som revs omkring 1870.

Vasselhyttan lades av okänd orsak ned i början av 1800-talet. En trolig anledning var den nya tekniken som under 1800-talet medförde en fullständig revolution för stångjärnstillverkningen. Många små bruk fick då läggas ned. I stället uppfördes år 1816 Storå hytta för att som en större anläggning ersätta en del av de mindre malmförädlingsanläggningarna. Hyttan anlades i Vasselhyttans by där järnhanteringen redan hade gamla anor. Storå hytta var i drift till år 1928. Malm levererades till hyttan från närliggande gruvor bl a Stråssa och Stripa.

Transporterna av järn mm söderut gick via sjösystemet kring Storån. I och med byggandet av järnvägen vilket färdigställdes år 1872 upphörde dock sjötransporterna.

Under 1960-talet utplånades de sista resterna av Storå hytta genom att en lång kanal grävdes tvärs igenom hytteblecket fram till ett kraftverk tillhörande Motala kraftverk. Därmed togs det lilla kraftverket vid hyttan ur bruk och den sista länken i hyttans historia var bruten.

Lokaliseringen av Storå hytta till Vasselhyttans by kom kanske framförallt för befolkningen att innebära arbete åt många mer eller mindre jordlösa. I och med att hyttan fanns i byn innebar det även en etablering av andra verksamheter som t ex skola, affärer och föreningsliv (Hagström & Hagström, 1977).

På 1920-talet var antalet invånare i byn som störst. Totalt bodde det då närmare 400 personer i Vasselhyttan (Rydberg, 1989, muntliga uppgifter). Många var aktiva i skogen och inom jordbruket. Arbetstillfällena utöver jord- och skogsbruk-sarbeten var dock få. Detta var troligen en starkt bidragande faktor till att byns ungdomar, från och med 50-talet, flyttade ut från orten och sökte sig arbete i städer och tätorter. Byn blev en typisk glesbygd. Utflyttningen fortsatte under 70-talet medan den nu under 80-talet har minskat.

### 2.3 Byn i dag

Inom byns område bor idag närmare 200 personer. Utav dessa bor 115 personer i byns centralare del. Attitydundersökningen har genomförts i 87 hushåll varav 11 är lantbruk, 55 är övriga permanenta bostäder och 21 är fritidsbostäder.

Bostädernas genomsnittliga byggnadsår är 1940.

Placeringen visas på kartan i bild 2.

Sedan 1940-talet har mer än 25 gårdar lagts ned (Rydén-Persson 1989). Många av dessa gårdar står idag öde, även om en del av dem används en kort tid på sommaren av barn och barnbarn på semester. Man vill ha kvar kontakten med hembygden och eftersom det är dyrt att bygga nya fritidshus på avstyckade tomter väljer man i stället ofta att ha kvar jordbruksfastigheten. Marken till de gårdar som står öde eller används som fritidshus är då i bästa fall utarrenderad till någon granngård, medan däremot en del av marken förbuskas. En del av fritidshusen bebos dock av pensionärspär som utnyttjar bostaden under större delen av året.



Bild 2. Ekonomisk karta över byn Vasselhyttan (Lantmäteriet, 1983).

## 2.4 Service och andra verksamheter

Som på så många andra platser på den svenska landsbygden har Vasselhyttan utsatts för indragningar av olika serviceverksamheter. Skola, slakteri, mejeri, bageri och post är exempel på serviceinrättningar som inte längre finns kvar. Det enda som i byn finns är en ICA-affär som nu drivs som filial till en butik i det närliggande samhället Stråssa och endast har öppet under en begränsad tid.

Byns befolkning driver en bygdegårdsförening. Bygdegården rymmer sammanlagt cirka 350 personer och torde vara den första i sitt slag i dessa trakter. Här har det alltsedan invigningen, år 1922 förekommit en rad olika aktiviteter. En del av dagens evenemang drar dessutom besökare från andra närliggande byar. I byn finns även en vävstuga samt en kamratförening för småbarnsfamiljer.

En del av byns invånare, främst bönderna, har under 1988-89 haft en studiecirkel igång. Där har bl a byns framtida överlevnad diskuterats. Under denna cirkel har bl a en samladugård varit på tal för att bättre kunna motivera den yngre generationen att bibehålla bygdens mjölkproduktion. Att döma av den i byn genomförda attitydundersökningen finns dock inget större intresse för en sådan samladugård.

Under en helg i november månad 1989 genomfördes i byn en utställning där bygdens historia och framtid togs upp. Utställningen arrangerades av deltagarna i studiecirkeln.

## 2.5 Åldersfördelning och sysselsättning

Drygt hälften av byns befolkning är mellan 18 och 64 år. Ålderskategorin 65 år och äldre utgör drygt 20 % av invånarantalet.

Närmare 50 % av invånarna i byn är förvärvsarbetande. Utav dessa pendlar cirka 80 % till arbeten utanför byn medan resterande 20 % har sin arbetsplats inom området. Den största delen av dessa 20 % är lantbrukare (FoB, 1986).

### 2.5.1 Företag inom byn

I byn finns ett mindre enmanssågverk samt en fabrik där tillverkning av emballage sker. Företaget har 7 st anställda. Ytterligare ett enmansföretag finns inom träbranchen där palltillverkning sker. I byn finns även en konsultfirma, ett mindre snickeri samt två enmansåkerier.

I dagens läge finns i Vasselhyttan 11 lantbruksföretag.

## 2.6 Fördelning på ägoslag

Enligt Länsförbund 15 (LRF) fanns det i september 1987 32 st fastigheter som ägde skog och/eller åker. Uppgifterna anger även en total areal på 403 ha åker, 940 ha skog samt 39 ha beten.

## 2.7 Lantbruk

Av byns 11 intervjuade lantbruk är 8 inriktade på mjölkproduktion. Dessa innehar sammanlagt 145 kor. Odlingen består i huvudsak av vall och spannmål. Gårdarna utnyttjar den största delen av åkerarealen dels genom bruk av egen mark och dels som arrendebbruk. En mindre del av arealen befinner sig dock i ett mer eller mindre igenvuxet tillstånd. Bönderna utnyttjar drygt 350 ha av totalt drygt 400 ha.

Den totala skogsarealen är uppdelad på många fastigheter. Av den skog som geografiskt tillhör byn ägs 745 ha av lantbrukarna. Resterande del ägs av övriga boende i byn samt av utbor. Den av lantbrukarna ägda skogen består av 217 ha ungskog, 186 ha medelålders skog samt 342 ha gammal skog.

### 2.7.1 Genomsnittsgård i Vasselhyttan

För att få ett begrepp om medelstorleken av lantbruken i byn räknades ett genomsnitt ut med hjälp av de uppgifter som insamlats. Genom att lägga samman antalet djur, åker, skog mm och dividera dessa med antalet lantbruk kunde ett genomsnitt framtas. Resultatet av sammanställningen presenteras nedan.

Medelantalet kor på de mjölkproducerande gårdarna i byn: 18 st

Spannmålsareal: 16 ha

Vallareal: 16 ha

Skogsareal: 68 ha

Träslagsblandning: tall 41 %, gran 56 %, björk 3 %

Åldersfördelning på skogen: ung 29 %, medel 25 %, gammal 46 %

Avstånd från gård till egen skog: 2,2 km

Lantbrukarnas genomsnittliga ålder: 53 år

(LRF, 1897, samt muntliga intervjuer med lantbrukarna i Vasselhyttan, 1989).

## 2.8 Bostadshusens energiförsörjning

### 2.8.1 Hushåll fördelade efter värmesystem

Fördelningen av de olika värmesystemen i Vasselhyttan var i december 1986 enligt tabell 2.



Tabell 2. Byns hushåll fördelade efter värmesystem (FoB, 1986).

	procentuell fördelning
<i>endast ett värmesystem</i>	
enbart oljepanna	9
enbart elpanna	7
enbart fasta bränslen	14
fasta bränslen (+ olja och/eller el)	34
direktverkande el	18
<i>Flera värmesystem*</i>	18
<b>SUMMA</b>	<b>100</b>

\* Utav de hushåll som har flera värmesystem förekommer olika kombinationer. Olika alternativ är egen panna eller direktverkande el i kombination med en vedeldad kakelugn, köksspis eller den för orten så typiska Bergslagskaminen. Den sist nämnda finns ofta kvar som en kvarleva från husets gamla värmesystem.

Någon kommunal fjärrvärme eller annan centralvärme finns ej.

I byns bygdegård har en luft-värmepump installerats.

## 2.9 Energitillförsel

### 2.9.1 Elektricitet

Distributionen av elektricitet till Vasselhyttan sköts av Vattenfall. En del av denna elektricitet kommer från vattenkraftverk som är belägna utefter Storåns sträckning i närheten av byn. Där finns 3 vattenfall. Dessa har en fallhöjd på 11,5, 18,4 respektive cirka 4 meter. De två största fallen som idag utnyttjas för drift av kraftverk tillhör Stripa gruv AB samt Motala kraft. Det minsta fallet är för närvarande outnyttjat, men ägarna dvs EBV i Ludvika har planer på att under 90-talet bygga ut även detta fall (EBV, 1989, muntlig uppgift).

### 2.9.2 Ved

Det bränsle som används för uppvärmning av bostäderna utgörs av skogsavfall från den till byborna tillhörande skogen. Även en del såg- och industriavfall tas

tillvara. Avverkningen sköts av byborna själva (mer om detta står i attitydundersökningen, sid 13 o 14). Det nuvarande skogsbränsleuttaget är enligt uppgifter från skogsägarna 960 m<sup>3</sup>f (Se vidare under rubriken "Energibalans för uppvärmning" nedan).

### 2.9.3 Olja

Olja köps in av de enskilda hushållen. Den sammanlagda mängden inköpt olja per år är enligt byborna 55 m<sup>3</sup>. Dagspriset för olja är cirka 2 700 kr/m<sup>3</sup>.

### 2.9.4 Energibalans för uppvärmning

Genom en enkätundersökning i byn samt med hjälp av Vattenfalls anläggningsförteckning har uppgifter om energiåtgången för uppvärmning framtagits.

Byns energitillgångar har fastställts genom uppgifter från byinvånarna själva under gjorda intervjuer. Material har även inhämtats hos LRFs länsförbund samt ur Skogsvårdsstyrelsens OSI-plan.

Uppgifterna har legat till grund för beräkningar av den totala åtgången respektive tillgången av energi i byn.

Resultatet av energiinventeringen är sammanfattat i tabell 3.

Tabell 3. Resultat av energiinventering i Vasselhyttan, 1989.

	Egen energi- tillgång (MWh)	Energiåtgång (MWh)
el		960
olja		550
skogsbränsle	2 300	2 700
<b>TOTALT:</b>	<b>2 300</b>	<b>4 210</b>

Observera att detta gäller bruttoenergi dvs bränslets energiinnehåll.

Energiåtgången av skogsbränsle är större än den egentliga tillgången. Detta beror på att det nuvarande skogsbränsleuttaget är större än det bränsleuttag som, enligt den använda beräkningsmetoden, är det idag ekonomiskt optimala.

### 3 KOMMUNAL ENERGIPLANERING

#### 3.1 Sammanfattning av Lindesbergs kommuns energiplan

Lagen om kommunal energiplanering innebär att det i varje kommun ska finnas en aktuell plan för tillförsel, distribution och användning av energi i kommunen. Vi har därför studerat energiplanen för Lindesbergs kommun (1986) för att se hur kommunen har tänkt sig den framtida energiförsörjningen. En speciell inriktning av studien har skett mot kommunens energiplanering för landsbygden.

##### 3.1.1 "Kommunens energipolitiska program"

Kommunens energipolitiska program utgår från följande målsättningar:

Nationens energipolitiska mål är oljeersättning och kärnkraftsavveckling samt att utveckla ett framtida billigt, intensivt och miljövänligt energisystem.

Kommunens fyra övergripande mål är full sysselsättning, service- och vianda, resursutnyttjande samt social omsorg. För kommunens energipolitik är service och resursutnyttjande av speciell vikt.

Kommunens energipolitiska mål är:

- \* en säker och ekonomisk energileverans till kommunens invånare och företag med hänsyn till miljöpåverkan.
- \* att planera och skapa förutsättningar för att möta konsekvenserna av den kommande kärnkraftsavvecklingen.

Kommunens energipolitiska medel för dessa mål är:

- \* att utveckla utnyttjandet av alternativa energikällor
- \* att stimulera företag och hushåll till energisparande
- \* att minska energiförbrukningen i kommunens fastigheter
- \* att eldistributionen inom kommunen i ökad utsträckning samordnas under kommunens energiverk
- \* att öka kommunens egen el och värmeproduktion.

##### 3.1.2 Distribution och användning av energi

Lindesbergs kommun har från 1980 till 1985 minskat sin oljeförbrukning med 23 %. Det imponerande oljereduktionsresultatet har dock uppnåtts på bekostnad av ett ökat beroende av el. Det medges därför "att det inte finns anledning att ropa allt för mycket hurra, då oljeberoendet i stor utsträckning har förvandlats till ett el-beroende".

Målsättningen för elenergisparandet var en 30 % minskning (1978-1988). Det konstateras grovt att denna målsättning för energisparandet har uppnåtts till 90 %. Målsättningen utgår dock från bruttotillförseln, och gör ej skillnad på effekter av rena sparåtgärder (t ex tätning och tilläggsisolering) och konverteringseffekter (byte av värmesystem).

Statens Energiverk framhåller i olika sammanhang att för att kommunen aktivt ska kunna bedriva energipolitik så bör kommunen i någon form ha ett inflytande på eldistributionen inom kommunen. Statens Energiverk säger också att ett eldistributionsföretag bör ha sådan storlek att teknisk kompetens och ekonomiska resurser finns för att tillförsäkra en säker och varaktig eldistribution. Kommunens Energiverk har med stöd av detta övertagit eldistributionen till drygt 400 abonnenter från ett antal privata elföreningar.

Elenergitillförseln till kommunen sker dock till övervägande del medelst Vattenfalls 110 V regionalnät.

### 3.1.3 Val av bränslesystem

Kommunens utredare framhåller att vid en jämförelse mellan t ex fastbränsle kontra värmepump kommer "lokala sysselsättningsaspekter i viss mån stå i motsatsförhållande till miljöskyddsaspekter i valet av bränsle för kraft och/eller värmeproduktion". Ett värmeproduktionsalternativ såsom fastbränsle anses således vara både kommunalt och regionalt mer sysselsättningsskapande. Energiplaneringsgruppen ifrågasätter därför om man inte i Bergslagen med dess inhemska bränsleresurser och sysselsättningsproblem vid val av energiproduktionsalternativ bör göra en samhällskalkyl där sysselsättningseffekterna i de olika alternativen åsätts ett värde i kalkylen.

Andra exempel på energikällor som har utretts eller kommer att utredas är:

- naturgas (den planerade riksgasledningen mellan Göteborg och Stockholm kommer att gå strax söder om Lindesberg)
- spillvärme från Frövi och Rockhammars pappersbruk
- gruvvärme från Stråssa och Stripa gruvor
- ombyggnad/tillbyggnad av kommunens vattenkraftstationer
- torv
- energiskog
- vindkraft

Inom kommunens utredningsgrupp har en PM utarbetats där man kommit fram till att det "klokaste uppvärmningsalternativet" för enfamiljshus är vattenburen eller luftburen värme, alltså ej direktverkande elradiatorer. Vid enskild bebyggelse bör energisnål byggnads- och ventilationsteknik eftersträvas. Att ett klokt uppvärmningsval görs kommer att bevakas i samband med plan och bygglovsärenden. Kommunen skall även ha "ambitionen att ge nybyggare sådana råd i valet av uppvärmningsform att det håller på lång sikt och för ett ovisst energipris speciellt elenergiutvecklingen".

Inom Lindesbergs tätort har "utredningsgruppen" kommit fram till att fjärrvärme är det lämpligaste uppvärmningsalternativet; "Vi konstaterar att nationens och kommunens energipolitik är oljeersättning och förberedelse för kärnkraftsavveckling och att fjärrvärme är ett verktyg för båda dessa politiska mål."

Vad beträffar den till kommunen tillhörande landsbygden/glesbygden tas här ej upp någon speciell värmeplan. Däremot förekommer benämningen "egna hem" där värmepump och fastbränsleeldning (ved) tas upp som lämpliga uppvärmningsalternativ. Även vindkraften hoppas bli ett lämpligt alternativ. Hushållen i fråga avses dock utgöra "mindre grupper lämpligt placerade i förhållande till värmecentralen".

Hur energiförsörjningsproblemen för de fristående fastigheterna i glesbygden, som endast har t ex direktverkande el, ska lösas medtas ej i denna energiplan. En personlig intervju har dock gjorts med energiverkschefen Bengt-Åke Sellander. Denna intervju presenteras nedan.

### **3.2 Intervju med Lindesbergs kommuns energiverkschef**

I studien av Lindesbergs kommuns energiplan (1986) kunde vi ej finna något om hur kommunen har planerat den framtida energiförsörjningen för dess landsbygd. Den 20 oktober 1989 besökte vi därför energiverkschefen i kommunen, B-Å Sellander, för att bättre få svar på denna fråga. Även andra för ändamålet viktiga frågor ställdes.

Nedan följer en sammanställning av intervjun.

#### **3.2.1 Lindesbergs tätort**

För att kunna möta den kommande kärnkraftsavvecklingen samt prisstegringen på el och olja har kommunen satsat på andra energikällor. Kommunen har därför installerat ett fjärrvärmesystem med gasol som energikälla. Den främsta anledningen till att just gasol valdes bland de möjliga energislagen var att det, enligt B-Å Sellander, var det billigaste alternativet. Ekonomin var något som redan tidigt under intervjun visade sig vara den mest betydelsefulla faktorn. Visserligen påpekade Sellander att miljön och arbetslösheten spelade en viktig roll vid val av värmesystem/källa, men för att kunna hålla sig inom den av politikerna fastställda budgeten kom ändå den ekonomiska delen att styra energivalet. "Vi arbetar med ett traditionellt ekonomiskt tänkande".

Ved och flis ansåg Sellander vara för dyrt trots att högre avgifter för fossila bränslen föreslås i den nya miljöavgiftsutredningen.

#### **3.2.2 Landsbygden**

Vad landsbygden beträffar medger Sellander att det inte har tagits fram några direkta alternativ för att möta den kommande energiprisstegringen. Den del av Lindesbergs kommun som byn Vasselhyttan ligger inom ingår ej i kommunens

elistributions område utan distributionen sker genom Vattenfall. Detta anser Sellander vara ett problem. Strävan är därför att överta hela det område som hör till Lindesbergs kommun.

Enligt B-Å Sellander är det bra att befolkningen på landbygden har ideér och funderingar på en lokal energiförsörjning, dock med den reservationen att kommunen inte skall behöva stå som finansiär.

### 3.2.3 Energirådgivning

Kommunen driver för närvarande ingen energirådgivning med uppsökande verksamhet. Denna slags rådgivning är avskaffad. Närmaste energirådgivare finns i stället på lantbruksnämnden i Örebro. Sellander framhåller dock att allmänheten kan få en viss rådgivning per telefon.

Ett exempel på det klokaste värmesystemet vid nybyggnad på landsbygden är enligt Sellander värmepump i kombination med kakelugn eller kamin. Ett annat förslag är ett vattenburet system med en flerbränslepanna.

### 3.2.4 Energiprisprognos

Sellanders egna teorier angående energiprisets utveckling är en 10 % höjning av elpriset per år under de närmaste åren. Han påpekar dock att det är svårt att förutse och budgetera olika projekt ty priser och skatter på de olika energislagen växlar väldigt fort. Risker är större att bidrag dras in än att ett påslag sker, därför finns det svårigheter att förutse vad som är värt att satsa på.

## **4 SAMMANFATTNING AV ATTITYDUNDERSÖKNINGEN I VASSELHYTTAN**

Under några dagar i juli 1989 genomfördes en attitydundersökning i Vasselhyttan. Vårt syfte med undersökningen var att få inblick i byinvånarnas inställning till en framtida lokal energiförsörjning för uppvärmning av byns bostäder. Av byns totalt 87 hushåll besökte vi 32 st, d v s cirka 37 %. Av dessa var 10 lantbruk, 19 övriga permanent boende samt 3 fritidsboende. Vi ämnade även besöka ytterligare 7 hushåll. Men dessa ville inte ta emot oss med motiveringen att de var okunniga eller ointresserade av ämnet.

Nedan redovisas en kort sammanfattning av bybornas svar (mer om frågornas och svarens innehåll ges i bilaga 1).

### **4.1 Frågor som har diskuterats med samtliga 32 hushåll**

Alla intervjuade ombads rangordna fyra parametrar; trygghet, miljö, bekvämlighet samt kostnad vid val av värmesystem. Den faktor som ansågs vara viktigast var kostnaden, medan miljön och bekvämligheten värderades minst. Nämnas bör att det var de äldre byborna som värdesatte bekvämligheten.

Vi ville att de tillfrågade skulle ange för- och nackdelar med sin energiform i bostaden. De som hade vedeldning poängterade främst att det var ett billigt system. Det ansågs dock vara arbetskrävande med vedeldning. Elkonsumenterna menade att el var en bekväm energiform, men ganska dyr och känslig. Olje-användarna tryckte också på bekvämligheten. Ett par tog upp miljöförstörelsen som oljans nackdel.

Vår idé om lantbruket som energileverantör ansåg majoriteten var bra. Däremot ställde de flesta sig tveksamma till om idén verkligen skulle gå att genomföra praktiskt.

Vi frågade också de intervjuade vad de trodde om energiprisets utveckling. De flesta väntade sig en ökning av energipriset, speciellt då elpriset, under de närmaste åren.

Vi undrade om Vasselhytteborna hade funderat över några andra energiformer än de nu använda. De energiformer som togs upp var sol, vatten, vind, värmepump, värmeväxlare samt flis. Av dessa var sol, vatten och värmepump de flest föreslagna energikällorna.

#### 4.2 Frågor som endast har diskuterats med lantbrukare

Hos många av lantbrukarna förekom det veduttag från skogen till andra hushåll än det egna. Detta ansågs medföra fördelar som t ex att lantbrukaren fick hjälp med gallringen samt att han kunde byta ved mot höbärningshjälp. En lantbrukare tog upp nackdelen med sämre betalning för brännved än för massaved.

På frågan om de ville sälja mer brännved svarade de flesta att utrymme saknades. Den ved som finns går åt redan idag.

Olika förslag finns på hur en leveranskedja av energi skulle kunna se ut. Majoriteten av lantbrukarna ville ha en gemensamägd anläggning. (Med anläggning menas vedlager, biogasanläggning eller flisvärmeverk.) Av dessa menade den övervägande delen att kedjan borde skötas av en anställd.

De flesta av lantbrukarna ansåg sig ha tid med att delvis arbeta vid någon gemensam anläggning.

#### 4.3 Frågor som ej har diskuterats med lantbrukare utan endast med de övriga intervjuade

En lokal energiförsörjning kan komma att innebära ett ökat samarbete byborna emellan. De flesta av de tillfrågade trodde inte det skulle bli några svårigheter att samarbeta. Noteras kan att några dock ställde sig tveksamma till om ett ökat samarbete skulle fungera.

Vår idé medför att många skulle få byta energiform i sina bostäder. De som idag har direktverkande el skulle behöva installera ett vattenburet värmesystem i huset. Blir en biogasanläggning aktuell får många som idag eldar med ved övergå

till gaseldning. Intresset av att byta energiform var varierande. Hälften kunde tänka sig en övergång till ett annat energislag, medan den andra hälften inte ville byta energislag.

Av de tillfrågade som eldar med ved tog de flesta bränslet från egen skog. Flera högg även ved i skog tillhörande släkt eller bekanta. Endast två hushåll tyckte det var arbetskrävande att skaffa veden själva. Nämnas bör att dessa hushåll bestod av äldre människor. Om biogas blir aktuellt i byn kan det komma att medföra en viss odör i samband med transport av gödseln. Fyra av hushållen trodde att de skulle uppleva lukten som störande.

Vi frågade byborna hur viktigt de ansåg det var att bevara byn som en "levande landsbygdsby". På denna fråga var alla ense om vikten med en "levande landsbygdsby". Alla sade sig vara villiga att arbeta för det.

Till sist var vi intresserade av om de intervjuade ämnade bo kvar i Vasselhyttan. Det visade sig att i stort sett alla bestämt skulle bo kvar. Endast 3 hushåll var osäkra på om de skulle flytta inom de närmaste åren.

## 5 MÖJLIGA ENERGIKÄLLOR

För att kunna ersätta byns behov av el och olja har olika energikällor studerats. Nedan ges en kortfattad sammanställning av de olika alternativens möjlighet att tillgodose byns uppvärmningsbehov.

### 5.1 Skogsbränsle

Redan i dag utnyttjas all tillgänglig brännved som kan tas ur skogen per år. De flesta, cirka 65 %, av bostäderna har egen vedpanna eller annan möjlighet till vedeldning. Några större anläggningar som kan förse mer än ett hus med värme finns däremot inte.

Skogsbränslet kan användas som helved, knubbved eller flis. I dag används främst helved. Genom att flisa skogsbränslet skulle också klenare dimensioner kunna utnyttjas och råvarubasen således öka.

I dag utnyttjas cirka  $1\,860\text{ m}^3\text{t}$  (kubikmeter travat mått) ved per år i Vasselhyttan. Vid kontinuerlig avverkning och jämn åldersfördelning på skogen kan man räkna med en årlig produktion på  $1,0\text{--}1,7\text{ m}^3\text{t}$  ved per ha, motsvarande  $1,5\text{--}2,5\text{ m}^3\text{s}$  (kubikmeter stjälp mått) (Nilsson et al, 1982). Räkna man med genomsnittsvärdet för dessa siffror visar det sig att en rimlig årsproduktion från skogen skulle vara  $1\,605\text{ m}^3\text{t}$  ved eller  $2\,378\text{ m}^3\text{s}$  flis. Detta motsvarar  $2\,300\text{ MWh}$  per år (ved med 20 % vattenhalt) respektive  $2\,200\text{ MWh/år}$  (flis med 25 % vattenhalt). De på marknaden förekommande vedpannorna har normalt en verkningsgrad på mellan 40 och 50 %. Om bostädernas vedpannor antas ha en verkningsgrad på 45 % skulle energimängden räcka till att försörja cirka 48 bostäder. Skogsbränslet skulle kunna räcka till fler hus om pannorna förbättrades.



## 5.2 Energiskog (Odling av snabbväxande Salix-arter på åkermark)

Vid odling av energiskog anges att en skörd på 12 ton torrsubstans per ha är möjligt (Sennerby-Forsse, 1988). Med hänsyn till bl a byns geografiska läge har vi dock valt att räkna med en genomsnittlig skörd på 10 ton torrsubstans per ha.

Den utnyttjade åkerarealen är som tidigare nämnts närmare 50 ha. Hänsyn bör dock tas till arealens spridning och lokalisering samt till att kostnadsbilden för energiskogsodling ej är helt klar. En odling av energiskog på 15 ha har därför ansetts rimlig. Detta skulle med dagens teknik kunna ge cirka 700 MWh, vilket motsvarar en bruttoenergiförbrukning hos cirka 16 "genomsnittsbostäder".

Energiskogen bör eldas i form av flis eller helved.

## 5.3 Halm

Spannmål odlas på en areal av närmare 180 ha. Denna areal beräknas praktiskt kunna ge en total skördad halmmängd av 90-360 ton torrsubstans per år, dvs 0,5-2 ton ts per ha. (Olika uppgifter anges i litteraturen, se t ex Johnsson, 1986). Att mängden skördad halm varierar som ovan beror bl a på väderleksförhållanden vid skörd samt av tillgång på maskiner och arbetskraft. I dag används dock i stort sett all den möjliga halmmängden som strömedel i byns animalieproduktion. Vid eventuell övergång till en mer spannmålsdominerad odlingsinriktning kan halmen komma att bli aktuell som energikälla. Den skulle då motsvara 420 1680 MWh per år.

## 5.4 Gödsel

Biogas kan produceras ur gödsel från nötkreaturen i byn. Med dagens djurantal, 219 nötkreatursenheter, kan biogas med ett totalt energiinnehåll av 420 MWh per år produceras. Denna energimängd kan försörja cirka 9 bostäder med värme. För att optimera biogasproduktionen bör gödseln samrötas med någon energigröda.

Biogas är en brännbar, energirik gas som bildas vid anaerob nedbrytning av organiskt material. Gasen består i huvudsak av metan samt koldioxid och innehåller cirka 60 % av det nedbrutna materialets energiinnehåll (Dahlström, 1989).

## 5.5 Energigröda

Energigrödor skulle kunna odlas på byns 50 ha outnyttjade åkermark. Gräs anser vi vara den lämpligaste energigrödan i det här området. 50 ha odlad gräsvall skulle vid rötning teoretiskt kunna ge en biogasproduktion motsvarande cirka 945 MWh per år. Lusern som har ett högre energivärde än gräs skulle eventuellt kunna odlas i stället för gräs. Ett problem med lusern är att den ställer högre krav på markstrukturen än gräs. Då det är mestadels täta jordar i området är risken för uppfrysning av lusern stor (Färjedal, 1989, muntlig uppgift). Vi har därför valt att räkna med gräs i stället för lusern.

En annan möjlighet att producera fasta bränslen på åkermark är att odla energigräs. Odlingen sker på liknande sätt som en vanlig slåttervall. Vallen skördas 2 gånger per år. Energigräs bör högst ha en vattenhalt på 20 % vid förbränning. Detta kriterium medför krav på torkning. Endast den första skörden kan användas som fastbränsle. Den andra skörden är svårare att torka och kan därför i stället användas som foder eller till biogasproduktion. Lämpligt lagringssätt är i balform eller som briketter/pelletter. En briketteringspress är dock dyr och därför knappast ekonomisk annat än då längre transporter förekommer (SLU, 1985).

Möjligheterna till koordination av insamlings-, transport- och eldningssystem talar för odling av energigräs som komplement till halm eftersom de båda i regel har liknande egenskaper och ställer samma krav på dessa system (SLU, 1985). Emedan all halm i dag förbrukas inom byns animalieproduktion anser vi dock ej heller energigräs vara en aktuell energigröda. Skulle däremot lantbrukarna i framtiden inrikta sig mot en mer spannmålsdominerad odling ökar energigräsets betydelse som ett eventuellt komplement till halm vid förbränning.

## 5.6 Latrin

Biogas kan även utvinnas ur latrin. Latrin kan också fungera som en bra utspädningsvätska för att ge en pumpbar blandning vid samrötning av gödsel och ensilage. Leverans av latrin till biogasanläggningen medför dock skrymmande transporter och kan förorsaka hygieniska problem.

Latrin kan teoretiskt bidra med 0,75 kWh/ton ts (Lindow, 1989, muntlig uppgift).

## 5.7 Vindkraft

Genom att utnyttja vindkraften kan energi utvinnas. För att ett vindkraftverk skall vara ekonomiskt försvarbart krävs en medianvind på 5-6 m/s på 10 m höjd över marken (Södergård, 1980). I det område där Vasselhyttan ligger blåser det inte särskilt mycket. Närmaste väderstation är Ställdalen. Enligt SMHI kan vindvärdena därifrån användas. Dessa ger en medianvind på 2 m/s på 10 m höjd. Vinden är alltså otillräcklig. En kalkyl visar också att ett vindkraftverk av maxstorleken 100 kW beräknas kunna producera 29 MWh per år i form av el (se bilaga 6). Priset per kWh beräknas bli 2,24 kr. Den höga kostnaden per kWh medför att ett vindkraftverk ej är aktuellt i Vasselhyttan. Vindförhållandena kan dock variera lokalt. Vindmätningar på aktuell plats bör därför göras.

## 5.8 Vattenkraft

Som tidigare nämnts rinner Storån genom byn. I ån finns tre vattenfall inom byns område. Två av fallen är utbyggda och ägs av Stripa Gruv AB och Motala Kraft. Det tredje fallet ägs av EBV i Ludvika och kommer att byggas ut under 90-talet. Någon ytterligare möjlighet för byn att utnyttja vattenkraft finns därför inte.

## 5.9 Solvärme

Värmeenergi kan utvinnas ur solstrålning. Solpaneler kan utnyttjas för uppvärmning av tappvarmvatten sommartid eller i kombination med en panna under större delen av året. Bostäderna kan förses med var sin solpanel. Denna placeras då lämpligast på taket eller på väggen mot söder. Flera solpaneler kan också monteras ihop till ett större solfält. Solvärmen kan då transporteras med vätska genom kulvertar till de olika bostäderna.

På marknaden finns främst två grupper av termiska solfångare; koncentrerade och plana (Peterson & Wettermark, 1985). Vi har i våra beräkningar valt att använda oss av plana solfångare eftersom de genom dess låga krav på strålningsintensitet passar vårt klimat bra. De är även enligt Peterson och Wettermark (1985) de enklaste och billigaste solfångartyperna.

## 6 ENERGISPARANDE ÅTGÄRDER

Innan vi går in på de olika energiförsörjningsförslagen vill vi poängtera vikten av att ha ett energisnålt hus. Enligt vår inventering av bostadshusens ålder och årtal för eventuell tilläggsisolering visade det sig att många av husen säkert är i behov av vissa energibesparande åtgärder. Det finns mycket som den enskilde husägaren kan göra för att spara energi. Nedan beskrivs kortfattat olika förslag på förbättringar av huset och dess värmesystem. Det är dock svårt att fastställa hur mycket energi ett enskilt hus kan spara in efter vissa åtgärder. Därför rekommenderar vi att varje bostad i byn inspekteras av en energirådgivare. Denne kan därefter ange vilka åtgärder som är lönsamma i just det huset. Som en liten fingervisning om hur mycket energi som kan sparas har vi längre fram gjort överslagsberäkningar på vissa åtgärder. Våra beräkningar bygger på ett genomsnittshus för byn.

### 6.1 Tätning

Tätning av huset medför att ventilationsförlusterna minskar samt att dragförhållandena förbättras. Otätheter i hus uppkommer vanligen runt dörrar och fönster. Tätningstister saknas ibland, är av fel typ eller är fel monterade (Se bild 3). Listerna bör vara av EPDM-gummi eller silikongummi. Skumplastlister har dålig tätningsförmåga och bör därför ej användas (Liedholm et al, 1983). Mindre drag gör att temperaturen kan hållas lägre med bibehållen komfort i rummet. Man räknar med att en bostad minst bör ha 0,5 luftomsättningar per timme. Detta innebär att drygt halva husets luftvolym byts ut varje timme. Observera att man kan täta för mycket. Vid små luftomsättningar är risken för kondens och mögelbildning stor. Tätning av huset är en billig åtgärd som betalar sig på mycket kort tid.

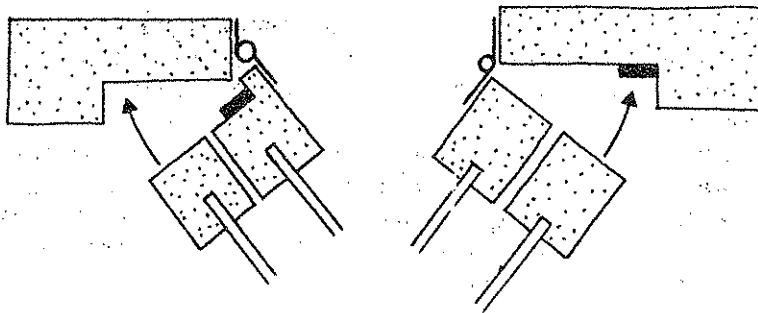
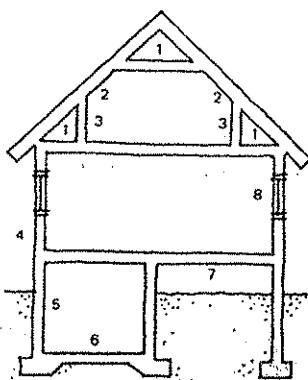


Bild 3. Placering av tätningsslistor i fönster. Till vänster inåtgående, till höger utåtgående fönster (Liedholm et al, 1983).

## 6.2 Tilläggsisolering

Tilläggsisolering krävs främst av vindbjälklag och fasader (se bild 4). Även förbättring av fönstrens k-värde kan räknas in i tilläggsisoleringen. Enklast och billigast är att endast bättra på isoleringen av vindbjälklaget. Spareffekten blir här förhållandevis stor eftersom taket utgör en stor andel av husets yta mot omgivningen. Efter en sådan åtgärd bör man i ett tvåvåningshus göra en ny injustering av värmesystemet annars blir temperaturen högre på övervåningen än bottenvåningen. Isolering av väggar är ett mer omfattande arbete. Ofta lönar det sig dock i kombination med andra ombyggnader eller om ytterpanelen ändå ska bytas. Har man en dyr uppvärmningsform, t ex olja eller el, lönar det sig att isolera mer än om man eldar med t ex ved eller utnyttjar värmepump.



Exempel på tilläggsisolering:

1. Förbättring av vindbjälklagets isolering är en av de enklaste åtgärderna.
2. Tilläggsisolering av snedtaget kan vara besvärligt.
3. Stödbensväggen kan lätt åtgärdas om man kommer in på vinden.
4. Tilläggsisolering av ytterväggen kan göras på olika sätt.
5. Även källarväggen kan vara lämplig att isolera.
6. Golv på mark kan tilläggsisoleras ovanpå betongen.
7. Andra golv kan åtgärdas från kryputrymmet under golvet.
8. Även fönster kan tilläggsisoleras genom att det förses med ytterligare ett fönsterglas.

Bild 4. Några isoleringsmöjligheter i byggnader (Liedholm et al., 1983).

### 6.3 Rätt inställning av värmesystemet

Rätt inställning av värmesystemet är egentligen ingen besparingsåtgärd utan en förutsättning för att värmesystemet ska fungera klanderfritt. Framledningstemperaturen till radiatorerna bör justeras så att lämplig rumstemperatur erhålls. Lättast och billigt är att ha en motordriven shunt som reglerar temperaturen. Vattenflödet till de olika radiatorerna måste också injusteras för att temperaturen i de olika rummen ska bli lagom. När framledningstemperaturen och vattenflödet är det rätta kan ännu mer energi sparas genom att termostatter placeras på radiatorerna i de rum som kan få värmetillskott från annat håll, t ex genom solinstrålning eller från hushållsmaskiner.

### 6.4 Injustering av ventilationssystemet

Injustering av ventilationssystemet är på samma sätt som injustering av värmesystemet inte någon energibesparande åtgärd, utan en självklar åtgärd för att värmesystemet ska fungera på avsett vis. En injustering är också en förutsättning för att en styrning av luftflödena skall vara möjlig. I bild 5 visas var ventilationsluften bör komma in samt lämna huset.

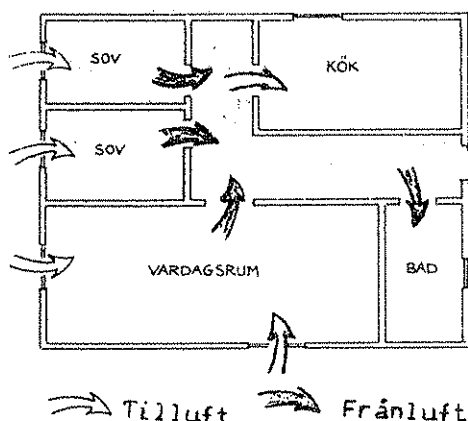


Bild 5. Ventilationsluftens väg genom ett bostadshus (Liedholm et al., 1983).

### 6.5 Värmeväxling

Värmeväxling kan utnyttjas för att återföra en del av den värme som går förlorad med frånluften. En förutsättning är att all frånluft går ut på ett ställe.

## 6.6 Pannans verkningsgrad

Pannans verkningsgrad är en avgörande faktor för hur mycket energi huset drar. För att få så hög verkningsgrad som möjligt på pannan bör den sotas ofta och alltid eldas med full effekt. För att det ska vara möjligt att alltid elda med full effekt måste värmen kunna lagras i en ackumulatortank.

Vissa av de upptagna åtgärderna får inte den rätta effekten om de inte görs i samband med andra åtgärder. Viktigt är också att de då görs i rätt ordning.

Våra beräkningar visar att en hel del energi går att spara genom en höjning av pannverkningsgraden samt genom tilläggsisolering och tätning av genomsnittshuset i Vasselhyttan. (Se tabell 4 samt bilaga 5).

Tabell 4. Energibehovet hos genomsnittshuset före och efter besparingsåtgärder.

Husets byggnadsår: 1940  
Boendeyta: 131 m<sup>2</sup>

	totalt (kWh)	uppvärmning (kWh)	varmvatten (kWh)
Före sparingsåtgärd:			
Bruttobehov per år	48 000	43 000	5 000
Nettobehov per år	27 000	24 000	3 000
Besparingseffekt:			
Tilläggsisolering:			
väggar	-6 000	-6 000	
takbjälklag	-2 500	-2 500	
Tätn, fönst, dörr	-2 000	-2000	
Nettobehov per år	16 500	13 500	3 000
Bruttobehov per år (66 % verkn.grad)	25 000	20 500	4 500

## 7 BYNS FRAMTIDA ENERGIFÖRSÖRJNING

Som framgått i ovanstående text finns många förslag på energikällor vid projektering av energiproduktionsanläggningar i Vasselhyttan. Även olika kombinationer av dessa alternativ kan förekomma. I de följande delarna har vi dock valt att begränsa undersökningen till vissa alternativ. Att urvalet har gjorts på följande sätt beror på byinvånarnas åsikter och önskemål samt på byns struktur och geografiska läge. (Hänsyn har även tagits till den tid det tar att genomföra en noggrannare utredning av alla förekommande alternativen. Den tid som har åtsidosatts för detta ändamål har alltså varit en begränsande faktor).

I den följande delen finns en redogörelse för tre olika alternativ. Huvudmålet för alternativen är en konvertering från direktverkande el. Nedan följer en kort sammanfattning av alternativen.

- alt I        Inga större förändringar av energiförsörjningssystemet i byn genomförs. Eldningstekniken effektiviseras dock så att fler bostäder kan utnyttja skogsbränsle. En gemensam bränsleanskaffning kan också vara aktuell. I alternativet har även möjligheten att utnyttja solenergi undersökts,
- alt II        Biogas utnyttjas till en del av byn genom samrötning av gödsel och ensilage,
- alt III       Ett fastbränsleeldat fjärrvärmeverk producerar energi till en del av byn. Tillskott av fastbränsle sker genom energiskogsodling. I alternativet har även möjligheter att utnyttja solenergi undersökts.

I alt I antas att de energibesparingsåtgärder som föreslås på sid 18-21 har genomförts i alla bostäder där behov finns. Detta ses som en förutsättning för att den tillgängliga mängden skogsbränsle ska kunna stå som ensam ersättare vid konvertering från el till ved. Vad alt II och alt III beträffar, är inte de föreslagna energibesparingsåtgärderna ett krav för hela byn för att energi källorna ska vara tillräckliga. Rent resursekonomiskt sett är dock givetvis önskan att besparingarna genomförs i de bostäder där så behövs. Beräkningarna i alt II och III innefattar inte det minskade energibehov som de föreslagna energibesparingsåtgärderna i sådana fall kommer att medföra. Detta därför att ett antagande av i hur stor del av byns bostäder åtgärderna skulle vidtas är svår att göra. Vid genomgång av de olika alternativen bör detta tas i beaktande då den beräknade energiproduktionen skulle kunna försörja fler bostäder efter ett genomförande av de föreslagna besparingsåtgärderna.

De ekonomiska kalkyler som använts vid kostnadsberäkningarna av anläggningarna i de olika alternativen är överslagsmässiga. Om det visar sig aktuellt att i praktiken genomföra någon av de föreslagna åtgärderna krävs givetvis en mer ingående projektering.

Nedan följer en sammanfattande redogörelse för de 3 undersökta alternativen. För en mer detaljerad beskrivning av beräkningar och underlag hänvisas till tillhörande bilagor.

## 7.1 Alternativ I (Enskild fastbränsleeldning)

### 7.1.1 Funktionsbeskrivning

I detta alternativ bör så stor del som möjligt av de bostäder som endast har direktverkande el konvertera till ett system för fastbränsleeldning. Detta innebär att de som endast har direktverkande el måste installera ett helt nytt värmesystem, antingen vattenburet eller luftburet. I de fastigheter där det i stället finns en oljepanna eller en sk kombipanna är kraven på åtgärder mindre såvida inte pannan är alltför gammal och sliten.

Mottot är hushållning med den tillgängliga mängd bränsle som kan tas ur skogen per år. En satsning på förbränningspannor med höga verkningsgrader bör ske. Även en effektiviserad eldningsteknik förespråkas. Till alla pannor bör en ackumulatortank vara kopplad så att pannan kan eldas med full effekt med ett visst tidsintervall.

Ett annat alternativ som bör tas i beaktande är att till en liten grupp bostäder ansluta en gemensam värmecentral för fliseldning. På detta sätt kan råvarubasen ökas något. (I dessa beräkningar har dock endast alternativet med separata vedpannor i varje bostad medtagits).

Distributionen av brännved från skog till förbrukningsställe kan ske på olika sätt. Konsumenten (som inte äger egen skog) kan antingen köpa sitt bränsle direkt från en skogsägare eller från ett större lager.

Under sommarhalvåret (maj-oktober) kan en solpanel utnyttjas för uppvärmning av tappvarmvatten samt för en del av husets uppvärmningsbehov. Solpanelen kan vara kopplad till bostadens ackumulatortank och bör ha en storlek på 12 m<sup>2</sup> (se bilaga 7). Ett exempel på hur solpanelen kan integreras i det befintliga värmesystemet visas i bild 6.

Ett annat alternativ är att utnyttja el för uppvärmning av tappvarmvatten under den del av sommarhalvåret då pannan ej används. I varje bostad antas en varmvattenberedare vara installerad.



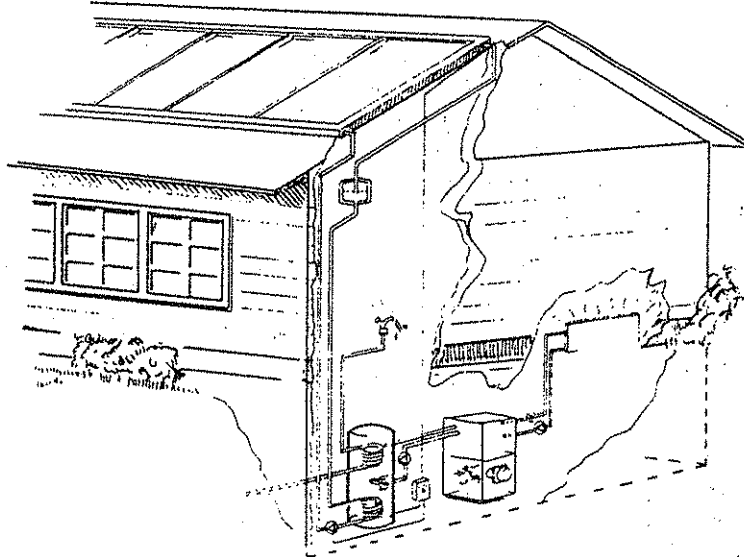


Bild 6. Solpanelens koppling till ett befintligt vattenburet värmesystem (Örebro Solenergi, 1989).

### 7.1.2 Organisation

Det som i detta alternativ kräver någon form av organisering är bränsleuttag från skogen, förädling av veden samt transport till förbrukaren. Dessa delar kan organiseras på många olika sätt. Ett alternativ kan vara ett gemensamt bränslebolag, ett annat att varje enskild lantbrukare fungerar som leverantör. Det sistnämnda är det som i praktiken används i Vasselhyttan i dag.

### 7.1.3 Produktion

Om de föreslagna energibesparingsåtgärderna vidtas i alla de bostäder där så krävs räcker skogsbränsleuttaget till 85-90 bostäder.

Om ingen av de föreslagna åtgärderna vidtas och ej heller solvärme utnyttjas, räcker skogsbränslet endast till närmare 50 bostäder.

### 7.1.3.1 Vedeldning i kombination med solvärme

Vedeldning i kombination med solvärme kan få den i dag tillgängliga mängden skogsbränsle att räcka till att försörja cirka 90 bostäder med energi för uppvärmning och tappvarmvatten. Detta gäller under förutsättning att en solpanel på cirka 12 m<sup>2</sup> ansluts till bostadens värmesystem.

### 7.1.3.2 Vedeldning i kombination med el

Vedeldning i kombination med el är ett alternativ till det föregående. I stället för att till bostaden ansluta en solpanel, kan uppvärmning av tappvarmvatten sommartid ske med el i en varmvattenberedare. Den årliga förbrukningen av ved kommer dock att bli något större i och med att uppvärmning med el av tappvarmvatten endast sker under den tid då vedpannan inte är igång. Något bidrag till uppvärmning av bostaden och tappvarmvattnet under den resterande delen av sommarhalvåret på liknande sätt som i alternativet ovan kommer alltså inte att ske. Den totala skogsbränsletillgången kommer i denna kombination därför endast att räcka till cirka 80 bostäder.

## 7.1.4 Ekonomiska aspekter

Årskostnaden för installation av en ny modern vedpanna inklusive ackumulator-tank samt för arbete, maskiner och bränsle finns utförligare redovisat i bilaga 7.

Observera att de kostnader som i det följande redovisas innebär att en ny vedpanna installeras. I många av byns bostäder finns däremot redan en panna som, efter vissa åtgärder, kan fungera tillfredställande för fastbränsleeldning. Med hänsyn till detta torde det reella kWh-priset bli något lägre än det beräknade.

### 7.1.4.1 Vedeldning i kombination med solvärme

Detta alternativ ger i dagens läge en total årskostnad på cirka 9 600 kr. I beräkningarna har då en realränta på 6 % samt en avskrivningstid på mellan 10 och 15 år antagits. (Observera att årskostnaderna är starkt beroende av den avskrivningstid som väljs). Detta medför i grova drag ett pris på 58 öre/kWh.

Solpanelens del av kostnaderna utgörs av närmare 16 %, arbetets andel av drygt 12 % och slutligen fastbränsledelens andel av närmare 72 % (varav bränslets andel utgör 18 %).

### 7.1.4.2 Vedeldning i kombination med el

Denna typ av eldning kommer att ge en något lägre total årskostnad än alternativet med solpanel. Årskostnaden kommer i detta fall att bli cirka 8 700 kr. Detta medför i grova drag ett pris på 53 öre/kWh. Den lägre kostnaden beror framför allt av eldelens ringa kostnad i förhållande till soldelens kostnad i det föregående alternativet. (Observera dock att det i beräkningarna har antagits att varmvattenberedare redan finns i bostäderna).

Utav årskostnaden svarar eldelen för närmare 5 %. Den resterande delen utgörs med cirka 14 % av kostnader för arbete och med 81 % av fastbränsledelen (varav bränslet utgör 22 %).

#### *7.1.4.3 Genomförande av besparingsåtgärder*

Genomförande av besparingsåtgärder är som tidigare nämnts en förutsättning i detta alternativ för att skogsbränslet ska räcka till. Det bör dock observeras att någon kostnad för isolering och tätning av bostaden inte ingår i de ovan redovisade resultaten. Dessa kostnader tillkommer givetvis men kan variera från bostad till bostad.

#### *7.1.4.4 Installation av ett vattenburet system*

Installation av ett vattenburet system i en bostad liknande "genomsnittshuset" i byn beräknas medföra en kostnad på cirka 4 300 kr per år. Avskrivningstiden är då 20 år (se bilaga 8). Dessa kostnader är inte heller inkluderade i de ovan angivna beräkningsresultaten.

### **7.2 Alternativ II (Biogasanläggning)**

#### 7.2.1 Lokalisering

Placeringen av en anläggning för produktion av biogas genom samrötning av gödsel och ensilage föreslås enligt kartan på bild 7 nedan. Kartan visar även de hus som anläggningen beräknas tillgodose med gas.

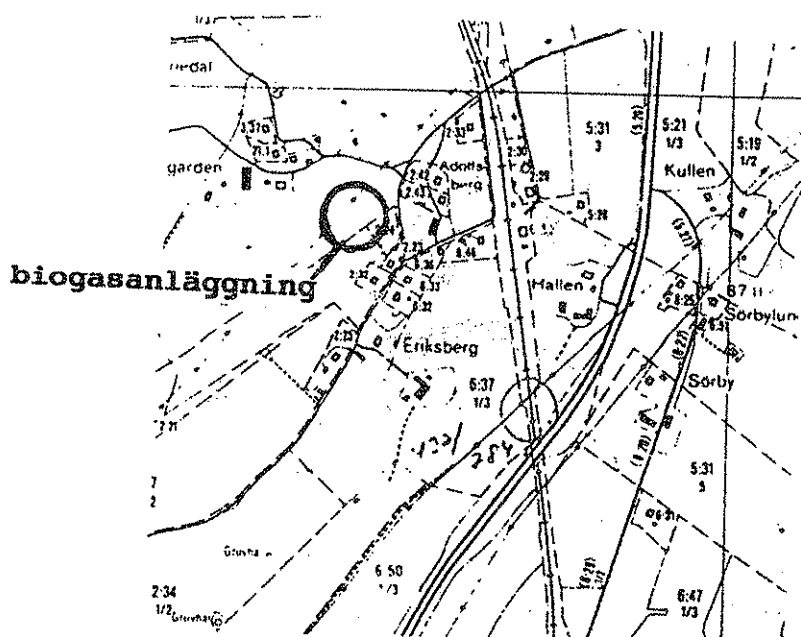


Bild 7. Kartan visar biogasanläggningens placering samt de bostäder som den beräknas försörja med gas.

Denna placering har valts ty antalet bostäder, 23 st, inom en mindre radie, cirka 500 m, är lagom att leverera gas till. Platsen är dessutom ganska undanskymd, men ändå relativt central med tanke på gödsel- och ensilage transporter.

En biogasanläggning kräver stort utrymme. Röt-kammare, plansilor och behållare för utrötat material är alla utrymmeskrävande (se bild 8). Ungefärlig areal som krävs för en anläggning med denna effekt, 0,3 MW, är 3 ha (Brolin, 1988). Platsen som valts bör räcka till ytan utan att något större ingrepp på natur eller bebyggelse måste göras.

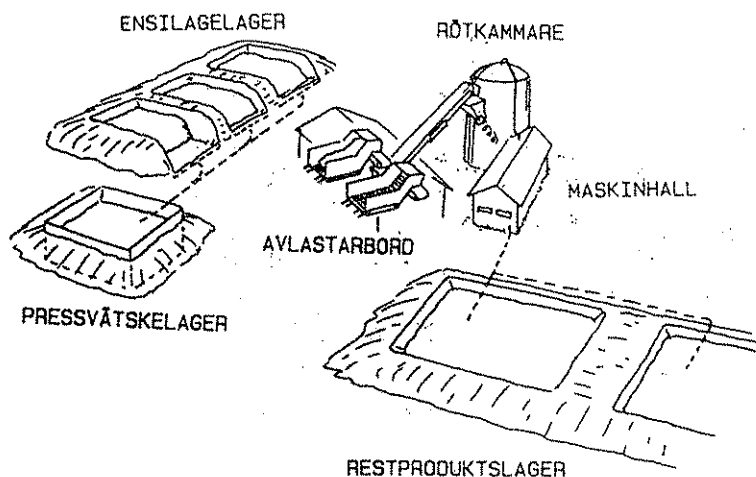


Bild 8. Översiktsritning av rötningsanläggning (Brolin, 1988).

### 7.2.2 Metoder för utvinning av biogas

Eftersom djurantalet i byn är så lågt, endast cirka 220 nötkreatursenheter, föreslår vi, att gödseln samrötas med ensilage för att anläggningen ska kunna producera en större mängd biogas. Det finns många förslag på hur rötningen kan gå till. Nedan beskrivs några olika metoder, som arbetar med 5 respektive 20 % torrsubstanshalt i rötningsmaterialet. Metoderna är hämtade från Weiland (1989).

#### *7.2.2.1 Anläggningar för lösningar med 5 % ts-halt*

##### *7.2.2.1.1 Utspädning av rötningsmaterialet*

Utspädning av rötningsmaterialet sker före röt-kammaren i denna typ av anläggning. Gödsel och ensilage spädes ut med vatten, latrin, urin och/eller pressvatten så att en lösning med 5 % ts-halt erhålls. Blandningen pumpas in i en röt-kammare. Rötningen sker kontinuerligt d v s en viss mängd pumpas in t ex 2 gånger per dygn. Samma mängd lämnar röt-kammaren genom bräddavlopp eller utpumpning.

Ett problem med denna typ av rötning är att en ensilageblandning med 5 % ts-halt har sådan struktur att den kan vara mycket svår pumpad.

För att slippa tillsätta så mycket vätska kan det utrötade materialet avvattnas och vätskan recirkuleras till en blandningsbrunn strax innan reaktorn. I brunnen bereds blandningen för att därefter pumpas in i röt-kammaren. Rötningstiden för den här typen av anläggning är 10-20 dagar.

#### 7.2.2.1.2 Vätskan tillsätts först i rötkammaren

Ett annat alternativ med snabb utrötning är att skruva eller trycka in fastgödseln samt ensilaget, och först i rötkammaren tillsätta vätska. På så vis slipper man den svåra pumpningen in i rötkammaren. Under rötningen sker en strukturförändring av substratet dessutom sjunker ts-halten. Därför bör utpumpningen av det rötade materialet ej medföra några problem.

#### 7.2.2.2 Anläggningar för material med 20 % ts-halt

Här nedan redovisas anläggningar för material med 20 % ts-halt. Nämnas bör att detta ännu inte är någon beprövad teknik i Sverige. Enligt Weiland (1989) finns det två alternativ att tillgå. Rötningen kan ske i ett eller två steg.

##### 7.2.2.2.1 En-stegsrötning

En-stegsrötning innebär precis som i tidigare alternativ att materialet rötas i en reaktor. Gödsel och ensilage trycks in i reaktorn precis som i föregående alternativ. Här tillsätts dock ingen vätska utan materialet rötas med den höga ts-halt som det har. Rötningen kommer därför att ta betydligt längre tid, men eftersom ingen vätska tillsätts behöver inte rötkammaren bli så stor (se bild 9).

Problem som kan uppstå vid denna typ av rötning är att det kan vara svårt att utestänga syre från reaktorn vid in- och utlopp.

Ts-halten sjunker mycket i samband med rötningen och strukturen på materialet ändras på så sätt att det blir mer lätthanterligt. Därför är det kanske möjligt att pumpa ut det utrötade materialet och därefter behandla det som flytgödsel vid spridning på åkrarna.

##### 7.2.2.2.2 Två-stegsrötning

Två-stegsrötning innebär att rötningsmaterialet först behandlas mikrobiskt i en hydrolysreaktor. I denna bryts substratet ned till organiska syror. Hydrolysaten separeras till en torr presskaka och en energirik vätska. Själva biogasutvinningen sker därefter i en sk metanreaktor. Den energirika vätskan pumpas igenom ett filter som fungerar som bärmaterial där metanbildare och andra organismer anrikas (se bild 9).

Fördelen med två-stegsrötning gentemot en-stegsrötning är att parametrar så som organisk belastning, uppehållstid och pH kan optimeras var för sig för de båda stegen (Gissén et al, 1989).

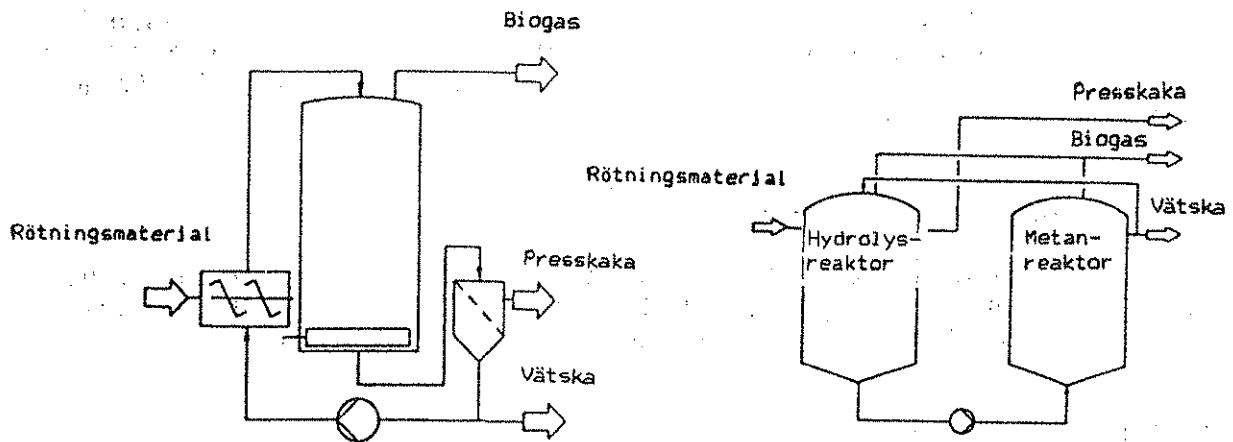


Bild 9. Anläggningar för rötning av fasta material. Den vänstra visar ett enstegssystem och den högra visar ett två-stegssystem (Weiland, 1989).

### 7.2.3 Anpassning av produktionen till behovet

Energibehovet varierar kraftigt under året. Olika sätt finns att matcha biogasproduktionen efter behovet. Biogasproduktionen kan varieras genom att:

- \* Rötkammarvolymen ändras, t ex två rötkamrar utnyttjas
- \* Temperaturen ändras (högre temperatur ger snabbare rötning)
- \* Rötningstiden varieras
- \* Andelarna gödsel och ensilage ändras
- \* Ts-halten på lösningen ändras

När energibehovet under vår och höst är lågt rötas endast en gödsellösning med t ex 2 % ts-halt. Gödsel ger nämligen en mindre mängd biogas per kg ts än vad ensilage gör. En längre uppehållstid i reaktorn väljs än den som förekommer under vinterperioden. På så vis erhålls en mindre mängd biogas per tidsenhet. När energibehovet är lågt utnyttjas en rötkammare, medan man kan utnyttja två eller flera när energibehovet är som störst.

Om inte det utrötade materialet avvattnas och vattnet recirkuleras kan värme återvinnas med hjälp av en värmepump. Pumpen skulle alltså utnyttja värmen i det utrötade materialet som värmekälla. Den skulle sedan förse rötkammaren med värme. Trots att röttningsanläggningen förses med värmepump eller att vattnet får cirkulera kommer ändå vissa värmeförluster uppstå. Förlusterna måste

kompenseras av ytterligare energitillförsel till rötkammaren. Ett förslag är att utnyttja en del av den gas som produceras för att hålla biogasprocessen vid lämplig temperatur.

Det kan vara svårt att nå upp till en energiproduktion som motsvarar det maximala behovet under vintern utan att rötkammarvolymen blir oförsvarligt stor. En mindre rötkammare i kombination med spetslast av annat bränsle, t ex gasol är då ett bra ekonomiskt alternativ. När energibehovet i bostäderna är som lägst kan det finnas risk för överproduktion av biogas. Då produceras därför ingen biogas utan en annan energikälla används i stället. Eftersom det finns en tröghet i systemet energibehov energiproduktion samt att biogas av utrymmesskäl ej är ekonomiskt att lagra i flera dagar, bör en kompletterande energikälla finnas tillgänglig.

#### 7.2.4 Val av biogasanläggning

Vi har grundat våra beräkningar på en anläggning som rötar en blandning med 5 % ts-halt. Blandningen bereds innan rötkammaren beskickas.

Vi föreslår att gasol används som spetslast och komplement till biogasen. Gasol kan liksom biogas transporteras i gasledningarna och förbrännas i bostädernas pannor. Varje bostad bör dessutom förses med elpatron som kan värma tappvarmvattnet sommartid.

#### 7.2.5 Funktionsbeskrivning av anläggningen

Gödsel transporteras av lantbrukarna eller någon anställd till anläggningen. Hur ofta transportererna sker beror av gödselbehov samt lagringskapacitet. Gödseln lagras på platta.

Ensilaget lagras i plansilor vid anläggningen. Pressvattnet samlas upp i en särskild behållare.

Ensilage och gödsel lastas ut ur lagren med hjälp av en lastare och transporteras till ett avlastarbord. Avlastarborden dimensioneras för upplagring av material motsvarande 3 dygns behov (Vattenfall, 1988). Från avlastarborden transporteras gödsel och ensilage automatiskt på transportband till en blandningsbrunn. Ensilage, gödsel och utspädningsvätska (vatten, pressvatten från ensilaget, urin och/eller latrin) blandas i brunnen innan det pumpas in i rötkammaren. Latrin tas ej med i beräkningarna av utspädningsvätskan, ty det fordrar en större undersökning av miljö- och hälsoskyddsbestämmelserna. Röttningsprocessen tar cirka 15 dagar. Det utrötade materialet avvattnas och vätskan recirkuleras tillbaks till blandningsbrunnen. Den avvattnade restprodukten transporteras till en lagringsbehållare där den förvaras innan den sprids på åkrarna.

Den recirkulerade vätskan klarar inte av att värma upp rötningssubstansen tillräckligt. Därför fordras en gaspanna som svarar för den resterande delen av uppvärmningen. Biogasen transporteras genom gasledningar till bostäderna där den förbränns i pannor. Ett centralt gaslager för 2 dygns gasbehov finns. Vid otillräcklig mängd biogas körs gasol ut i ledningarna.



### 7.2.6 Organisation

En lämplig organisation kan vara att anläggningen ägs och drivs gemensamt av lantbrukarna. En anställd svarar för skötseln av anläggningen, odling, skörd och transport av ensilage samt eventuellt transporterna av gödsel till anläggningen.

### 7.2.7 Biogasproduktion

För att täcka uppvärmningsbehovet av de 23 bostäderna samt uppvärmning av tappvarmvattnet under de 5 570 timmarna anläggningen är igång fodras en produktion av 160 000 m<sup>3</sup> biogas, dvs 924 MWh. För att åstadkomma detta krävs gödsel från byns samtliga nötkreatur samt ensilage från ca 27 ha. Beräkningarna visas i bilaga 9.

### 7.2.8 Ekonomiska aspekter

Kostnaden för en biogasanläggning är svår att ange ty den beror på anläggningsstorlek, utnyttjandegrad, maskinbehov och markersättning m m. Vi har gjort en grov kostnadskalkyl för biogasanläggningen. Kalkylen i sin helhet visas i bilaga 9. Det bör poängteras att för att få en helt rättvis bild av kostnaden bör en noggrannare kalkyl upprättas.

Realräntan har satts till 6 % och avskrivningstiden för maskiner och övrigt har valts till 10 resp 20 år. Årskostnaden för biogasanläggningen blir runt 1 miljon kronor. När biogasen kompletteras med gas och el (för tappvarmvattnet sommartid) blir den årliga genomsnittskostnaden för varje kWh som kommer huset till godo 1,61 kronor.

## **7.3 Alternativ III (Fliseldat fjärrvärmeverk)**

### 7.3.1 Lokalisering

En stor del av byns bostäder ligger samlade i en bykärna. Det är därför passande att placera fjärrvärmeanläggningen i anslutning därtill (se bild 9). Fjärrvärmeverket antas kunna försörja drygt 30 hushåll med värme.



Som brännare föreslås The Johnson Biocombustor (se bild 10). Att denna brännare har valts att beskriva på detta förhållandevis noggranna sätt beror av att det är en ny typ på den svenska marknaden. Brännaren passar för en rad olika fasta bränslen vilket gör den flexibel. Exempel på fasta bränslen som kan eldas i Biocombustorn är flis, bark, sågspån, torv och halm. En annan fördel hos brännaren, gentemot övriga på marknaden förekommande brännare, är dess höga verkningsgrad (Studsvik, 1989).

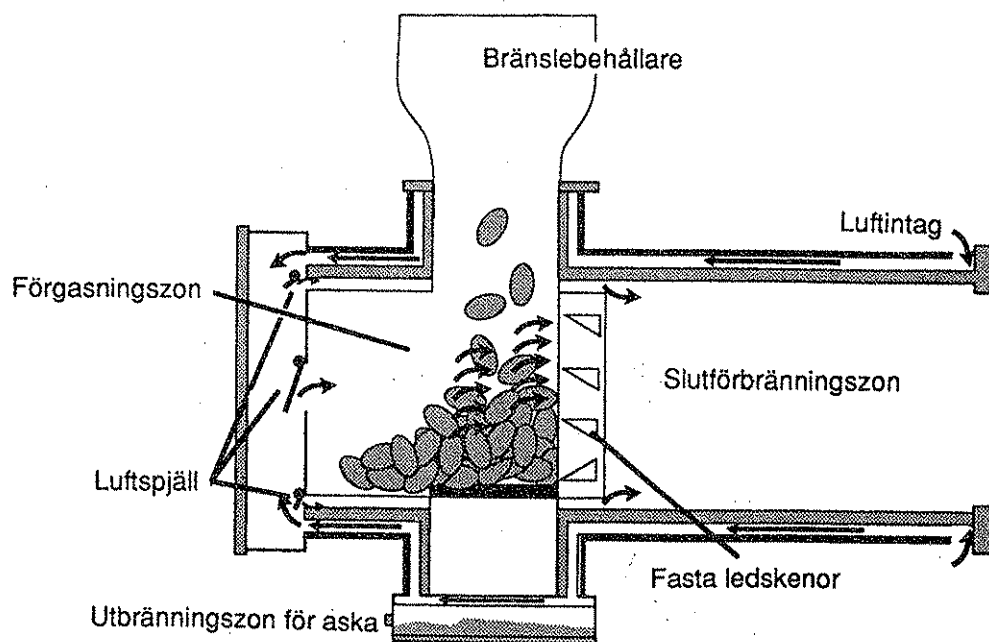


Bild 10. Principskiss över The Johnson Biocombustor (Studsvik, 1989).

### 7.3.3 Funktionsbeskrivning

Som bränsle utnyttjas under vinterhalvåret i första hand flis från energiskog och skogsbränsle. Energiskogen odlas av bönderna i byn. Bränslet kan antingen flisas i samband med skörd eller lagras i välda för att flisas strax innan användning. Vid val av det första alternativet bör flisen förbrännas direkt. I annat fall bör flisen torkas så att mögelbildning och substratförluster undviks (Sennerby-Forsse, 1988).

I närheten av pannan finns ett mellanlager för det flisade bränslet. Flisen transporteras från mellanlagret med en lastmaskin till en behållare ansluten till pannan. Bränsleinmatningen till pannan sker automatiskt. Förbränningen i Biocombustern sker i två steg:

steg 1 torkning och förgasning av bränslebädden,

steg 2 förbränning av gaserna vid hög temperatur (Studsvik, 1989).

Pannan eldas automatiskt med full effekt med ett visst tidsintervall. Under denna tid laddas ackumulatortanken som därefter distribuerar värmen vidare via kulvertsystemet till bostäderna. I bostäderna sker en värmeväxling från fjärrvärme nätet till husens egna cirkulationssystem.

Under de drygt 100 dagarna då något uppvärmningsbehov ej finns är inte pannan igång. I stället utnyttjas separata elpatroner eller en gemensam solvärmepanel för uppvärmning av tappvarmvattnet. Även under den resterande delen av sommarhalvåret (maj-okt) kan värme tillföras från solpanelen.

#### 7.3.4 Organisation

Anläggningen bör skötas av en eller flera lantbrukare. Likaså bör energiskogsodlingen ske inom byn.

Olika slag av ägandeform kan förekomma. Exempel på detta är då anläggningen ägs gemensamt av bönderna eller några utav dem samt kommunalt ägande.

#### 7.3.5 Produktion

Anläggningen bör ge en maximal effekt av 0,37 MW för att kunna tillgodose bostädernas effektbehov. Nettoenergibehovet för uppvärmning och tappvarmvatten för området är cirka 864 MWh/år (se bilaga 10).

##### *7.3.5.1 Fliseldning i kombination med solvärme*

Detta är en kombination som medför en året-runt-drift av kulvertsystemet. Detta medför i sin tur en större energiförlust ur systemet. Solpanelen bidrar dock med en tillräckligt stor energimängd för att helt kunna täcka energibehovet under de varmaste sommarmånaderna och delvis under den resterande delen av sommarhalvåret.

##### *7.3.5.2 Fliseldning i kombination med el*

Här är ett annat alternativ som kan tillämpas. I beräkningarna antas varmvattenberedare finnas i alla bostäder. Kulvertsystemet behöver därför ej utnyttjas under den tid då flispannan inte är i gång. Detta medför ett mindre årligt bruttoenergibehov men däremot en större relativ förbrukning av flis.

#### 7.3.6 Ekonomiska aspekter

Årskostnadernas uppdelning redovisas utförligare i bilaga 10. Här anges endast den totala årskostnaden för anläggningen.

### 7.3.6.1 Odling av energiskog

Odling av energiskog medför med det nuvarande bidraget på 8 000 kr/ha en ungefärlig produktionskostnad av flis på 113 kr/MWh. Detta innebär alltså en relativt hög kostnad med tanke på att flisen i dag endast betingar ett pris av 115 kr/MWh på marknaden. Enligt Edén och Johansson (1989), kan dock produktionskostnaderna för Salixflis bli närmare 100 kr/MWh om tekniken utvecklas bättre.

### 7.3.6.2 Fliseldning i kombination med solvärme

Detta alternativ ger enligt beräkningarna en årskostnad på cirka 500 000 kr vilket motsvarar närmare 15 600 kr/bostad. Det innebär i mycket grova drag en kostnad på 58 öre/kWh. Vi har då valt att räkna med en realränta på 6 % samt med avskrivningstider på mellan 10 och 20 år beroende på vilken typ av investering det gäller.

Vad solpanelen beträffar utgör dess kostnad närmare 4 % av den totala årskostnaden. Den resterande delen täcks med 20 % av arbetskostnaden samt med 76 % av kostnader för fastbränsledelen (varav 29 % utgörs av kostnader för flis) (se bilaga 10).

(I termen fastbränsledel ingår förutom panna med tillhörande brännare också en ackumulatortank, ett kulvertsystem, ett mellanlager, maskiner samt bränsle).

### 7.3.6.3 Fliseldning i kombination med el

Fliseldning i kombination med el medför endast en marginellt lägre årskostnad än i det föregående alternativet. Detta trots att någon extra investeringskostnad för köp och installation av varmvattenberedare i bostäderna ej är medtagen i beräkningarna. De små skillnaderna i årskostnaderna beror främst av att både sol- och elkompletteringsdelen endast utgör en mindre del av den totala årskostnaden och därmed ej påverkar den i så hög grad. Kostnaden för fastbränsledelen är dock i stort sett densamma i de båda alternativen. Den enda skillnaden utgörs av att årsförbrukningen av flis blir något större i detta alternativ.

Årskostnaden för flisanläggningen i kombination med el är cirka 495 000 kr. Utslaget per bostad blir det cirka 15 500 kr. Detta motsvarar i stora drag en kostnad på 57 öre/kWh. Räntan samt avskrivningstiden är densamma som i föregående exempel (se bilaga 10).

Förbrukningen av el står i detta fall för närmare 3 % av den totala årskostnaden. Den resterande delen täcks som ovan med cirka 20 % av arbete. Eftersom en mindre ökning av den årliga flisåtgången sker, ökar också fastbränsledelens andel av totalkostnaden till drygt 77 % (varav 30 % utgörs av bränslekostnader).

Installation av ett vattenburet system i en bostad liknande "genomsnittshuset" i byn, beräknas medföra en kostnad på cirka 4 300 kr per år. Avskrivningstiden är då 20 år (se bilaga 8). Dessa kostnader är dock inte inkluderade i de ovan angivna beräkningsresultaten.

## 8 DISKUSSION

I denna rapports inledning anges två huvudmål:

- \* Utredning av möjligheter för lokal energiproduktion och minskad användning av el.
- \* Bedömning av i vilken grad lantbruket kan bli energiproducent som komplement till den idag huvudsakliga livsmedelsproduktionen.

Vi ska i diskussionen som följer försöka ge en beskrivning av hur väl dessa mål har uppfyllts. Vi ämnar även ge vår egen, utifrån undersökningen bildade, åsikt om huruvida förutsättningar finns för ett praktiskt genomförande av alternativen eller något utav dessa.

### 8.1 Vasselhyttans möjligheter till lokal energiproduktion

Vi har funnit byn relativt lämplig för en satsning på lokal energiförsörjning. En potential av naturresurser såsom skog och outnyttjad åkermark finns att tillgå. Byns struktur är sådan att den innehåller grupper av bostäder som lämpar sig för fjärrvärmesystem, men även glest placerad bebyggelse där enskild fastbränsleeldning är det bästa alternativet. Det tämligen stora antalet småbönder med kunskaper om både jord och skog torde även innebära lämplig arbetskraft för skötsel av energiproduktionssystemen.

Hos invånarna i byn finns en viss tveksamhet mot genomförbarheten av idén med bönderna som energileverantörer. Trots detta kan ett intresse för en gemensam ansträngning att minska elberoendet skönjas.

Enligt kommunens energiplan finns 4 övergripande mål:

- full sysselsättning
- service och vianda
- resursutnyttjande
- social omsorg.

De 3 första av dessa uppställda mål överrensstämmer väl med projektets idé om lokal energiförsörjning. Vid en intervju med energiverkschefen B-A Sellander framkom dock att kommunen ej är villig att bidra med ekonomiskt stöd till en förändring av energiförsörjningsinriktningen.

### 8.2 Olika för och nackdelar med de valda alternativen

Här tar vi upp de viktigaste för och nackdelarna hos de olika alternativen som vi valt att undersöka.

### 8.2.1 Gemensamt för alla tre alternativen

Nedanstående för och nackdelar anser vi vara gemensamma för de 3 undersökta alternativen.

fördelar:

- + resursutnyttjande
- + sysselsättningsskapande
- + miljövänligt

nackdelar:

- kostnadskrävande

### 8.2.2 Alternativ I (Enskild fastbränsleeldning)

fördelar:

- + känd teknik inom byn
- + gott om lagringsutrymme
- + kan täcka största delen av byns energibehov

nackdelar:

- inget utrymme för expansion
- påverkan från massaindustrin
- större rökgasutsläpp jmf med de andra två alternativen

### 8.2.3 Alternativ II (Biogasanläggning)

fördelar:

- + en del "entusiaster" i byn
- + hygienisering av gödseln

nackdelar:

- fastgödsel
- osäker framtid vad djurantalet beträffar
- ej väl beprövad teknik i denna skala
- delade meningar om biogasens "vara eller icke-vara"
- mycket transporter
- biogasen kan endast täcka en mindre del av energibehovet
- dålig följsamhet av biogasproduktion gentemot behov.

### 8.2.4 Alternativ III (Fliseldat fjärrvärmeverk)

fördelar:

- + hög hektaravkastning
- + solvärme är ekonomiskt möjligt

nackdelar:

- långa kulvertar vilket medför stora energiförluster
- energiskogsodling impopulärt
- hög produktionskostnad för flis

Med ledning av de ovan angivna för och nackdelarna finner vi alternativ I vara den mest lämpade lösningen. Detta påstående grundar vi på det faktum att skogen redan är byns största energikälla. Alternativet skulle alltså inte innebära någon större omstrukturering av det befintliga energiförsörjnings systemet, vilket de övriga alternativen gör. Vi drar därför den slutsatsen att förslaget skulle passa de något konservativa byinvånarna. En annan fördel med alternativet är att var och en i byn själva får bestämma i hur stor utsträckning de vill följa förslaget. Detta gäller ej de övriga två alternativen som båda är en form av gemensamma anläggningar. I dessa alternativ bör alla bostäder som berörs anslutas till systemet för att priset per kWh inte skall stiga avsevärt. Noteras bör dock att det i beräkningarna av alternativ I förutsattes att alla följde de föreslagna besparingsåtgärderna. Om detta inte sker kommer ej heller den ur skogen producerade energin att vara tillräcklig. Vidare måste hänsyn även tas till en eventuell utbyggnad av byn som givetvis kommer att innebära större krav på energiproduktionen. Systemet kan också komma att innebära att stoftutsläppen blir stora. Detta kan till viss del avhjälpas med noggrann kontroll och reglering.

Vidare anser vi att detta alternativ (dvs alternativ I) gärna kan kompletteras med en energiskogsbaserad flisanläggning. Distributionsområdet behöver däremot inte vara så stort som i alternativ III, för att undvika onödigt långa kulverdragningar. Anläggningen kan också placeras i ett område där alla bostäderna är i behov av en energikonvertering. Till flisanläggningen kan eventuellt även en större solpanel anslutas då det enligt våra beräkningar finns ekonomiska förutsättningar för en sådan.

Alternativ II ter sig däremot inte intressant i Vasselhyttan. De största orsakerna härtill är det låga djurantalet samt att de utgödslingssystem lantbruksgårdarna innehar är baserade på fastgödsel. Den mest beprövade tekniken för biogasproduktion i Sverige idag bygger på system med flytgödsel som rötnings material. Vi har därför i vårt förslag inte vågat vara "pionjärer" på området utan valt att späda ut fastgödseln. Denna metod innebär en tillsats av vätska. Detta medför i sin tur högre kostnader samt skrymmande transporter och lagrings utrymmen. Biogasens låga miljöpåverkan samt dess resursutnyttjande talar ändå för biogas i framtiden om en reduktion av produktionskostnaderna kan ske.

Observera att vårt förslag ej innebär ett totalt elenergi oberoende. Ett behov av el kommer fortfarande att finnas för att driva cirkulationspumpar och dylikt. Nämnas bör därför att teknik finns för att på lokal nivå alstra el utan att behöva utnyttja t ex vind eller vattenkraft. Några sådana tekniska lösningar är TOTEM-aggregat och kraftvärmeverk. Mer om dessa finns att läsa om i "Biogas från gödsel och avfall", (Thyselius, 1982) och "Kraftvärme", (Vattenfall, 1989) (se fördjupnings litteratur sid 44).

### 8.3 Kan en lokal energiproduktion i byn möjliggöras?

På denna fråga finner vi inte något enhetligt svar. De olika delarna av svaret tror vi i stället finns att hitta på de politiska och tekniska planen samt givetvis hos byinvånarna själva.



Den ekonomiska delen är den till synes viktigaste aspekten. Hur kommer framtiden att utveckla sig? Eftersom något slutgiltigt beslut angående energiskatter, moms och miljöavgifter ännu ej är taget är det kommande energipolitiska läget svårt att fastställa. Utredningar har visserligen genomförts där det föreslås att miljöavgifter skall tas ut på de mot biobränslena konkurrerande energislagen. Enligt Svenska Bioenergiföreningen (Svebio, 1989) kommer dock främst införandet av momsen att medföra starkt ökade energikostnader för hushållen. Vidare pekas på de gjorda konsekvensberäkningarna som visar att fjärrvärmens konkurrens kraft kommer att sjunka avsevärt i förhållande till enskild oljeeldning. Svebio hävdar dock "att det sannolikt kommer att bli en politisk uppslutning till att få sådana regler för fjärrvärme att en övergång till enskild eldning inte gynnas".

Det faktum att det energipolitiska läget kan vara svårt att fastställa skapar problem ute i samhället. Energiverkschefen B-A Sellander säger i en intervju (sid 13) att "det är svårt att förutse och budgetera olika projekt ty priser och skatter på olika energislag växlar väldigt fort. Risken är större att bidrag dras in än att ett påslag sker, därför finns svårigheter att förutse vad som är värt att satsa på."

Vad den tekniska delen beträffar medför en större satsning på småskaliga anläggningar att de ofta kommer att placeras i närheten av bebyggelse. Vid projektering av lokala energiproduktionsanläggningar måste hänsyn tas till lokaliseringsproblem i form av nedsmutsning av närmiljön, kompetens hos den lokala personalen, sårbarhet o dyl som kan förekomma. Med andra ord måste "kraven på småskaliga energiproduktionsanläggningar vara lika höga som på storskaliga, annars kan inte tekniken försvara en plats på marknaden" (Josefsson, 1988).

Med härledning av ovanstående text drar vi den slutsatsen att även om det i dagens energipolitik råder tveksamheter kvarstår dock det faktum att energi, speciellt elenergi, kommer att bli avsevärt dyrare. Med dagens relativt långt framskridna teknik inom området för bl a biobränslen kan dock goda lösningar framtas. I enighet med de för projektet uppställda målen tror vi alltså att det i Vasselhyttan finns goda möjligheter för lokal energiproduktion och minskad användning av el. Vi tror även att det i dagens/morgondagens lantbruk finns utrymme för produktion av denna energi.

Valet av utvecklingsstrategi för den framtida energiproduktionen styrs i stort av "om människan ser naturen som ett medel eller som ett mål" (Sjöström, 1985). Vid val av det senare perspektivet måste vi nog vara beredda att betala mer för den energi vi förbrukar!

## 9 LITTERATURFÖRTECKNING

- Almquist, A & Nilsson, C. 1989. Energisystemstudier av samhällen i jord- och skogsbygd. Projektplan. SLU. Uppsala.
- Brolin, L et al. 1988. Biogas ur energigrödor. Vattenfall. Älvkarleby.
- Brunström, C et al. 1987. Irradiation and Flat Plate Collector Performance in a Northern Climate. Vattenfall. Älvkarleby.
- Dahlström, M. 1989. Biogasanläggning vid Vassbo för energiproduktion och framställning av organiskt gödemedel. Dalarnas forskningsråd.
- Dickens et al. 1982. Skogsbränsle, Energi från skog till värme. Domänverket & SSr. Stockholm.
- Edén, P & Johansson, H. 1989. Energiskog Mälardal. Domänverket och Scandiaconsult. Nyköping.
- Esselte Kartor. 1981. KAK Bilkartor Sverige. Stockholm
- F o B. 1986. 1885 Lindesberg 1223, 12231, Tabell SAM 51.
- Gissén, M et al. 1988. Tvåstegsrötning av klöver och gräsensilage. Sverige.
- Gustavsson, G. 1983. ÖSI. Skogsvårdsstyrelsen. Lindesberg.
- Hagström, L & Hagström, L. 1977. Storå Hytta. Uppsala Universitet.
- Häckner, J. 1989. Det energipolitiska läget. Svebio. Stockholm.
- Isaksson, K. 1985. Formler och data. Inst. f. lantbruksteknik, SLU. Uppsala.
- Johnsson, B. (red). 1986. Bränslen från jordbruksgrödor. JTI och SLU. Uppsala.
- Josefsson, T. 1988. Bearbetade anteckningar från seminarierna om småskalig kraftvärme och miljö den 20 oktober i Hallsberg. Småskalig kraftvärme och miljö. Energiforskningsnämnden.
- Kasberg, N-E. 1986. Databok för driftsplanering. SLU. Uppsala.
- Keller, P. 1986. Experience with danish biogas plants. Danish Agricultural Engineering Institute. Danmark.
- LRF, Länsförbund. 1987. Fastighetsanteckning, Vasselhyttan.
- Lantmäteriverket. 1983. Ekonomiskarta. Örebro.
- Liedholm et al. 1983. Gårdsvärme. LT:s förlag. Stockholm.
- Lindesbergs kommun. 1986. Energiplan 1986. Lindesberg.

- Mörstedt, S-E & Hellsten, G. 1987. Data och diagram. Esselte Studium. Stockholm.
- Nilsson, C et al. 1982. Fastbränsleeldning. Ur Ehrlemark & Svensson. Energi för jordbrukets byggnader. Aktuellt från Lantbruksuniversitetet 308. SLU. Uppsala.
- Petersson, F & Wettermark, G. 1985. Solenergi (Teori, forskning och praktisk användbarhet). Ingenjörsläromälarförlaget. Stockholm.
- Rydén-Persson, L. 1989. Vasselhyttan.
- SLU. 1985. Biomassa & Energi 1. Agrobioenergi. Garpenberg.
- SMHI, Klimatsektionen. 1981. Vinduppgifter för Ställdalen. Norrköping.
- STF. 1949. Dalarna och Bergslagen. STF:s förlag. Stockholm.
- Sennerby-Forsse, L. 1988. Energiskog (Handbok i praktisk odling) SLU. Uppsala.
- Sjöström, U. 1985. Låna varandras glasögon. Forskningsrapport från Pedagogiska institutionen. Stockholms Universitet.
- Studsvik Energy. The Johnsson Biocombustor. Broschyr. Studsvik.
- Södergård, B. 1980. Vindkraftboken. Ingenjörsläromälarförlaget AB. Stockholm.
- Thyselius, L. 1982. Biogas från gödsel och avfall. Meddelande nr 391. JTI. Uppsala.
- Upnor, Ecopipe. Broschyr. Fristad.
- Vattenfall. Anläggningsförteckning. Lindesberg.
- Videncentret for Halm - og Flisfyring. 1987. Halmfyring. Danmark.
- Weiland, P. 1989. Anaerobic digestion of solid and liquid agriculture and agroindustrial wastes - engineering aspects and progress in reactor design. FIMA 89. 21. Conferancia internacional de mecanizacion agraria. 10/13 april 1989. Zaragoza. Spanien. Volym II.
- Wetterstrand, T. 1989. Energiförsörjning och energihushållning vid Stjärnhovs Säteri. Rapport 133. Inst. f. lantbruksteknik, SLU. Uppsala.

## 10 MUNTliga REFERENSER

- Almquist Anders. 1989. Inst. f. lantbruksteknik, SIU, Uppsala
- Axenbom Åke. 1989. Inst. f. lantbruksteknik, SLU, Uppsala
- EBV. 1989. Ludvika
- Färjedal Lennart. 1989. Lantbruksnämnden, Örebro
- Johansson Håkan. 1989. Inst. f. ekologi och miljövard, SLU, Uppsala
- Lindow AB. 1989. Ludvika
- Mathisen Berit. 1989. JTI, Uppsala
- OK. 1989. Huvudkontoret, Stockholm
- Rydberg Karl-Erik. 1989. Vasselhyttan
- Rydén-Persson Lisbeth. 1989. Vasselhyttan
- Studvik Energy. 1989. Studsvik
- Thyselius Lennart. 1989. JTI, Uppsala
- Vattenfall. 1989. Uppsala
- Värme och Sanitetsservice. 1989. Uppsala
- Åkermo Robert. 1989. JTI, Uppsala
- Örebro Solenergi. 1989. Örebro

## 11 FÖRDJUPNINGSLITTERATUR

Thyselius, L. 1982. Biogas från gödsel och avfall. Meddelande nr 391. JTI. Uppsala.

Vattenfall et al. 1989. Kraftvärme, En teknisk och ekonomisk utredning om el- och värmeproduktion i liten och medelstor skala.

## SAMMANSTÄLLNING AV ATTITYDUNDERSÖKNINGEN

Under en vecka i juli månad utfördes intervjuer med 32 hushåll i Vasselhyttan. Av dessa 32 hushåll var 10 lantbruk och 22 icke lantbruk. En viss uppdelning av frågor till lantbrukare respektive övriga intervjuade invånare i byn gjordes. Vissa frågor ställdes således endast till lantbrukarna och andra frågor endast till de övriga byborna. Att denna form av uppdelning gjordes beror på att ett genomförande av en sådan här idé kommer att påverka invånarna i byn på olika sätt. Det är tänkt att lantbrukarna ska handha distributionen av energi medan de övriga i byn främst kommer att fungera som mottagare.

## Frågor ställda till samtliga intervjuade

- Vilka fördelar respektive nackdelar anser Ni att Ert värmesystem/värmekälla har?

Utav de tillfrågade framfördes nedstående för- och nackdelar hos de olika energikällorna i bostäderna.

	ved	elektricitet	olja
<i>Fördelar:</i>			
bekvämt	-	8 (3)	6 (3)
komplement till övriga system	5 (2)	5 (1)	1 (0)
enkelt system	3 (1)	-	-
rent	-	3 (0)	-
billigt	9 (2)	1 (0)	2 (0)
självförsörjande	5 (2)	-	-
<i>Nackdelar:</i>			
dyrt	1 (0)	4 (2)	-
känsligt	-	5 (2)	-
arbetsamt	6 (2)	-	-
bundenhet	2 (0)	-	-
dålig närmiljö	2 (1)	-	1 (1)
dålig miljö *	-	-	1 (0)
dålig panna	4 (2)	-	-

\* Med miljö menas i detta fall hela den globala miljön.

Siffran inom parantesen anger antal lantbruk. Observera att dessa även ingår i den första siffran.

Antal tillfrågade var 32 stycken. En del av dessa har som synes flera synpunkter på sitt värmesystem.

- År 2010 skall kärnkraften i Sverige vara helt avvecklad. Kostnaderna för elektricitet kommer förmodligen då att vara avsevärt högre än i dag. Utnyttjandet av de fossila bränslena förväntas också minska. Något alternativ till olja och elektricitet blir alltså nödvändigt. Inom mer tätbebyggt område kan detta lösas

med fjärrvärmesystem. På landsbygden däremot är oftast inte fjärrvärme aktuellt. En idé är då att lantbruket med sin relativt höga energipotential skulle kunna stå som energileverantör åt hushållen i byn. Hur ställer Ni Er till denna idé?

Av de tillfrågade ansåg:

- 25 (9) att idén var bra  
3 (0) att idén var dålig  
4 (1) att de inte kunde svara på frågan

Huruvida idén var praktiskt genomförbar ansåg:

- 4 (1) att idén skulke gå att genomföra  
9 (3) att den skulle bli svår att genomföra  
15 (5) att det skulle vara tveksamt  
4 (1) att de ej kunde svara på frågan  
(samma 4 personer som ovan)

Siffran inom parentes anger antal lantbruk. Observera att dessa även ingår i den första siffran.

Noteras bör att 2 av de lantbrukare som trodde på idén ren teoretiskt gjorde detta med en viss reservation. De sade sig tro på ett system med ved som energikälla men ej med biogas.

- Vad tror Ni om energiprisets utveckling?

Av de totalt 32 tillfrågade svarade.

20 (5) att de trodde att energipriset, speciellt elpriset kommer att stiga under de närmaste åren.

- 5 (2) att de ej trodde på några speciella höjningar av energipriset  
7 (3) att de ej hade någon åsikt i frågan

- Hur stor roll vid val av uppvärmningssystem spelar:  
(rangordning 1-4)

- \* tryggheten?
- \* miljön?
- \* bekvämligheten?
- \* kostnaden

Utav de 26 som besvarade frågan rangordnades faktorerna på följande sätt:

rangordning	1	2	3	4	medeltal:
trygghet	7 (3)	6 (1)	9 (3)	4 (1)	2.4 (2.2)
miljö	3 (2)	10 (4)	6 (2)	7 (0)	2.7 (2.0)
bekvämlighet	5 (0)	6 (2)	6 (2)	9 (4)	2.7 (3.2)
kostnad	11 (3)	4 (1)	5 (1)	6 (3)	2.2 (2.5)

Av de 32 tillfrågade ansåg sig 6 st, varav 2 lantbrukare, inte kunna rangordna faktorerna.

Siffran inom parantesen anger antal lantbruk. Observera att dessa även ingår i den första siffran.

Kostnaden ansågs alltså vara den viktigaste faktorn medan bekvämligheten och miljön var de parametrar som bland dessa 4 faktorer värderades minst. Konstateras kan att lantbrukarnas rangordning skiljde sig från de övrigas.

- Finns det några övriga energiformer som Ni har funderat på och skulle kunna tänka Er att använda?

Förutom biogas och ren vedförbränning förekom dessa olika alternativ som energikällor:

	lantbrukare	övriga	totalt
sol	3	4	7
vatten	2	4	6
vind	1	1	2
värmepump	3	5	8
värmväxlare	1		1
flis	1	2	3
ej funderat	1	8	9

Av de 32 tillfrågade hade en del funderat på flera energikällor.

Funderingar och önskemål om bättre vedpanna samt installation av ackumulator-tank har också förekommit.

### Frågor ställda enbart till lantbrukare

- Kommer det att finnas utrymme för lantbruket som energileverantör inom de närmaste årtiondena?

Av svaren framgick att:

- 4 trodde på utrymme för lantbruket som energileverantör
- 2 trodde ej på utrymme för lantbruket som energileverantör
- 4 ställde sig tveksamma

- Förekommer något uttag av ved från Er skog till något annat hushåll än Ert eget?

På frågan svarade:

- 6 att ved även tas till andra hushåll
- 4 att veduttag endast sker till det egna hushållet

Endast 3 av de tillfrågade skogsägarna levererar för närvarande ved till utomstående (ej släktingar). Majoriteten av skogsägarna ansåg att det ej fanns utrymme för vedleverans till utomstående eftersom veden behövdes för den egna bostaden samt till släktingar och hyresgäster.



- Om veduttag från Er skog sker till annat hushåll, vilka är då för- respektive nackdelarna?

Av svaren framgick att:

- 4 ansåg fördelen var att släkt/bekant högg själv i skogen
- 1 ansåg fördelen var att lantbrukaren släpp gallra själv
- 1 ansåg fördelen var att ved kunde bytas mot höbärningshjälp
- 1 ansåg nackdelen var att vedförsäljning gav sämre betalt än massavedsförsäljning.
- 1 av de tillfrågade har angett både 1 fördel och 1 nackdel.

- Får Ni förfrågningar om att sälja ved?

På frågan svarade:

- 8 att de fick förfrågningar om att sälja ved
- 2 att de ej fick några förfrågningar

- Om Ni får förfrågningar om att sälja ved skulle Ni i sådana fall kunna tänka Er det?

Utav de tillfrågades svar framgick följande;

- 3 skulle kunna tänka sig att sälja ved om det gav lönsamhet
- 6 ansåg att det ej fanns utrymme att sälja, ty all ved gick åt till egen förbrukning
- 3 ansåg sig ej ha tid att hugga ved åt andra än sig själva (1 av dessa framhöll att någon med skoglig utbildning gärna fick hugga själv. Då många ej har skogsvana är skaderiskerna för stora för att låta dem hugga).

2 av de tillfrågade angav 2 svar vardera.

- Det finns olika alternativ för hur en leveranskedja av energi skulle kunna se ut, gemensam anläggning eller att varje lantbrukare fungerar som enskild leverantör. Vilken ägande- och organisationsform föredrar Ni?

De tillfrågades svar fördelade sig enligt följande:

- 2 ansåg att enskild leverans direkt till förbrukaren vore det bästa alternativet
- 8 ansåg att ett gemensamt ägande av anläggning/lager vore det bästa alternativet, varav:
  - 1 ansåg att hela leveranskedjan (från skog till färdig vara) borde skötas gemensamt
  - 5 menade att gemensamt ägande med en anställd vore bäst
  - 2 tyckte att hela kedjan borde drivas på entreprenad

2 av de tillfrågade tog upp idén om en biogasanläggning. Dessa var överens om att en gemensamt ägd anläggning vore bäst, driven helt eller delvis på entreprenad.

- Tror Ni att Ni kan undvara tid för att delvis arbeta vid någon slags gemensam värmeanläggning?

Av de tillfrågade svarade:

- 4 att de ansåg sig ha tid
- 6 att de ej ansåg sig ha tid

Majoriteten av de som i dagens läge ej ansåg sig ha tid att arbeta vid en anläggning svarade att de i framtiden kunde avsätta mer tid om energin visade sig vara en konkurrensmässig inkomstkälla.

### Frågor ställda till övriga intervjuade invånare i byn

- Om byn blir självförsörjande på energi kommer det eventuellt att fordra ett ökat samarbete byborna emellan. Tror Ni att ett ökat samarbete kommer att fungera?

Utav de 22 tillfrågade svarade:

- 12 att de trodde på ett fungerande samarbete
- 5 att de ställde sig tveksamma
- 1 att ett samarbete förmodligen kommer att bli svårt att klara av
- 4 att de inte hade någon åsikt om saken.

- Skulle Ni kunna tänka Er en övergång/återgång till en annan energiform som t.ex ved?

På denna fråga fördelade sig svaren enligt följande:

- 5 kunde tänka sig en övergång till ett annat energislag
- 5 kunde inte tänka sig en övergång
- 2 sade sig vara tveksamma
- 1 visste inte
- 9 hade redan ved som energikälla

De 5 som ej kunde tänka sig en övergång till ved som värmekälla var alla äldre personer.

- Om Ni redan nu använder ved som värmekälla, hur anskaffar Ni veden?

Av svaren framgick att:

- 13 högg på egen mark, varav:
  - 2 även kompletterade med inköpt ved
  - 4 även högg i annans skog
- 5 högg i skog tillhörande någon annan
- 1 köpte färdighuggen ved
- 2 fick färdighuggen ved av släktingar

Noteras kan att endast 1 av de totalt 22 tillfrågade inte hade någon som helst form av vedeldning i bostaden. 12 stycken hade endast ved som komplement till elektricitet eller olja.

- Hur tycker Ni att vedanskaffningen fungerar?

På denna fråga svarade:

- 17 att det fungerade bra
- 2 att det fungerade dåligt pga att de börjar bli gamla
- 2 kunde inte svara på frågan

- Biogas är en annan energikälla som eventuellt kan bli aktuell. Transport av gödsel till en biogasanläggning kan medföra odör. Tror Ni att det kommer upplevas som mycket störande?

Utav de 22 tillfrågade svarade:

- 4 att det skulle upplevas som en olägenhet
- 18 att det ej skulle upplevas som störande

- Hur viktigt är det att byn bevaras som en "levande landsbygdsby"?

På denna fråga var alla 22 tillfrågade eniga om att byn bör bevaras och sade sig vara villiga att arbeta för det!

- Vad har Ni för framtidsplaner? Ämnar Ni bo kvar i Vasselhyttan?

På frågan svarade:

- 19 att de inte hade planer på att flytta från byn inom de närmsta åren
- 3 att de ämnade flytta från byn inom de närmsta åren

## ANVÄNDA BERÄKNINGSFORMLER

## BILAGA 2

$$W_{ars} = \frac{P_{max}}{(T_e - T_u)} \quad [ 1 ]$$

$W_{ars}$	=	nettoårsenergibehovet för uppvärmning (kWh)
$Q$	=	gradtimmar för uppvärmning ( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ )
$P_{max}$	=	maximalt effektbehov, LUT 100 (kW)
$T_e$	=	erforderlig uppvärmningstemperatur efter reduktion för gratisvärme ( $^{\circ}\text{C}$ )

$$P_{max} = \frac{P_b + P_k}{\eta_a} \quad [ 2 ]$$

$P_{max}$	=	maximal avgiven bruttoeffekt (kW)
$P_b$	=	maxeffektbehov i bostad, LUT 100 (kW)
$P_k$	=	effektförluster i kulversystem (kW)
$\eta_a$	=	ackumulatortankens verkningsgrad

$$V = \frac{W_b + W_k}{c \cdot \Delta T \cdot \eta_a} \quad [ 3 ]$$

$V$	=	ackumulatortankens volym ( $\text{m}^3$ )
$w_b$	=	energibehov för uppvärmning och varmvatten (kWh)
$w_k$	=	energiförluster i kulvert (kWh)
$c$	=	vattnets värmekapacitivitet ( $\text{kWh}/\text{m}^3, ^{\circ}\text{C}$ )
$\Delta T$	=	arbetstemperaturintervall ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\eta_a$	=	ackumulatortankens verkningsgrad

$$W_{tot} = \frac{w_{ars} - W_s + W_k}{\eta \cdot \eta_a} \quad [ 4 ]$$

$W_{tot}$	=	total energiförbrukning per år (kWh)
$W_{ars}$	=	årligt energibehov för uppvärmning och tappvarmvatten i bostad (kWh)
$W_s$	=	årligt energibidrag från solpanel (kWh)
$W_k$	=	energiförluster i kulversystem (kWh)
$\eta$	=	pannans verkningsgrad
$\eta_a$	=	ackumulatortankens verkningsgrad

$$\text{Sparad energi per } [m^2] = \frac{Q \cdot (k_{in} - k_{eft})}{1000} \quad [ \text{S} ]$$

$Q$  = gradtimmar för uppvärmning ( $^{\circ}\text{Ch}$ )  
 $k_{in}$  = k-värde före isolering ( $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ )  
 $k_{eft}$  = k-värde efter isolering ( $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ )

# GENOMSNIITTSHUSETS ÅRLIGA ENERGIBEHOV

## Beräkningsunderlag

### Värmevärden

Ved : 1 450 kWh/m<sup>3</sup><sub>t</sub> vid 20 % vattenhalt (Nilsson, 1982)  
 Olja: 10 000 kWh/m<sup>3</sup>

### Verkningsgrader

Vedpanna:	45 %
Oljepanna:	55 %
Elpanna:	75 %
Direktverkande el	100 %

### Energibehov för tappvarmvatten

Per vuxen:	1 500 kWh/år	(Isaksson, 1985)
Per barn:	1 000 kWh/år	
Per hushåll:	3 000 kWh/år	

Byns årliga energiförbrukning för uppvärmningsändamål har beräknats utifrån enkätundersökningen. Svar inkom från 53 hushåll. De 53 bostädernas energiåtgång har summerats ihop. Summan räknades därefter upp för att gälla alla de 87 hushållen.

### Bruttoenergibehov per år

El:	958 MWh
Olja: 55 m <sup>3</sup>	550 MWh
Ved: 1 855 m <sup>3</sup>	<u>2 690 MWh</u>
Totalt:	4 199 MWh
Per hushåll:	48 MWh

### Nettoenergibehov per år

El:	800 MWh
Olja:	302 MWh
Ved:	<u>1 210 MWh</u>
Totalt:	2 368 MWh
Per hushåll:	27 MWh

**GENOMSNITTSHUSETS MAXEFFEKTBEHOV**

Enligt bilaga 2, ekvation 1, har maxeffektbehovet vid LUT 100 beräknats.

$$P_{\text{max.netto}} = \frac{24000 \text{ kWh} \cdot (16,8 - (-16))^{\circ}\text{C}}{86500^{\circ}\text{Ch}} + \frac{3000 \text{ kWh}}{8760 \text{ h}} = 9,4 \text{ kW}$$

$$P_{\text{max.brutto}} = \frac{43000 \text{ kWh} \cdot (16,8 - (-16))^{\circ}\text{C}}{86500^{\circ}\text{Ch}} + \frac{5000 \text{ kWh}}{8760 \text{ h}} = 16,9 \text{ kW}$$

## ENERGISPARÅTGÄRDER I GENOMSNITTSHUSET

### Beräkningsunderlag

Bostadsyta: 131 m<sup>2</sup>

Hustyp: Två våningar utan källare och utan inredd vind

Väggyta: 140 m<sup>2</sup>

Byggnadsår/Isoleringsår: 1940

Bruttoenergibehov för uppvärmning av bostaden: 43 000 kWh

Bruttoenergibehov för uppvärmning av tappvarmvatten: 5 000 kWh

k-värde, vägg: 0,80 W/m<sup>2</sup> °C

k-värde, tak: 0,65 W/m<sup>2</sup> °C

Q = 86 500 °Ch

Nuvarande pannverkningsgrad: 56 %

### Tätning

Genom tätning kan man spara 5-10 % av energiförbrukningen (Lidholm et al. 1983).

$$0,08 \cdot 24\,000 \text{ kWh} = 1\,920 \text{ kWh}$$

### Tilläggsisolering

Genom att sänka k-värdena i väggen och taket till 0,3 W/m<sup>2</sup>, C<sup>o</sup> resp 0,2 W/m, C<sup>o</sup> kan, enligt bilaga 2 och ekvation 5, följande energimängder sparas:

Vägg - 43 kWh/m<sup>2</sup>

$$43 \cdot 140 = 6\,020 \text{ kWh}$$

Tak - 39 kWh/m<sup>2</sup>

$$39 \cdot 64 = 2\,496 \text{ kWh}$$

Totalt: 8 500 kWh

### Pannverkningsgraden

$$\text{Nettobehov: } 27\,000 - 8\,500 - 2\,000 = 16\,500 \text{ kWh}$$

Besparingseffekt om pannans verkningsgrad höjs 10 %:

$$16\,500 \text{ kWh} / 56 \% - 16\,500 \text{ kWh} / 66 \% = 4\,500 \text{ kWh}$$



## VINDKRAFT

## Beräkningar

Vi har valt att räkna på vindkraftverk Vestas V 20-100 kW. Det är det minsta vindkraftverk som Vestas saluför i Sverige i dag (Wetterstrand, 1989). Tabell 5 visar möjlig energiproduktion från vindkraftverket placerat i Vasselhyttan.

Tabell 5. Energiproduktion per år från Vestas V 20-100 kW placerat i Vasselhyttan

Vind m/s	% av tot. tid	Tid h	Effekt kW	Energi kWh
5	9,6	838	5,3	4 441
6-8	6,9	604	25,5	15 402
9-11	1,3	114	59,9	6 829
12-14	0,2	18	91,0	1 638
15-17	0,1	9	106,5	958

## Årskostnad V 20-100 kW

Inköp och montering: 671 000 kr (Wetterstrand, 1989)

Avskrivning 20 år:	33 550 kr
Realränta 6 %:	20 130 kr
Driftkostnader inkl. försäkringar:	<u>12 000 kr</u>
<b>Totalt</b>	<b>65 680 kr</b>

Pris per kWh:  $\frac{65680}{29268} = 2,24 \text{ kr/kWh}$

# **ENSKILD FASTBRÄNSLEELDNING**

## **Beräkningsunderlag**

### **Energibehov:**

uppvärmning	13 500 kWh/år
tappvarmvatten	3 000 kWh/år

**Totalt energibehov:** 16 500 kWh/år

**Maxeffektbehov:** 5,5 kW (LUT 100)  
(för uppvärmning och tappvarmvatten)

(Observera att detta gäller efter vidtagna energibesparingsåtgärder, samt att det gäller nettoenergibehovet.)

**Eldningssäsongens längd:** 6 150 timmar (cirka 8,5 måndader)

**Eldningsuppehåll:** 10 timmar  
(vid maxeffekt)

**Värmevärde, skogsbränsle:** 1 450 kWh/m<sup>3</sup> (20 %-vh)  
(Nilsson et al. 1982)

**Total tillgänglig mängd skogsbränsle:** 2 300 MWh

**Verkningsgrad:** 65 %  
(pannans effektiva)

**Verkningsgrad:** 90 %  
(ackumulatortankens)

**Vattnets värmekapacitet:** 1.17 kWh/m<sup>3</sup>°C

**Arbetstemperaturintervall:** 40°C

## Beräkningar

Pannan antas installeras i bostadshuset eller i en tillbyggnad alldeles intill. Någon kulvert för värmetransport är därför inte nödvändig.

### Vedeldning i kombination med solvärme

#### *Skogsbränsle*

Skogsbränsle utnyttjas som brännved under den del av året där ett energibehov för uppvärmning av bostäderna finns. Vedpannans storlek bestäms av ekvation 2 (se bilaga 2).

Vedpannans storlek: 6,1 kW  
(enligt ovan angivna förutsättningar)

Ackumulatortankens storlek beräknas enligt ekvation 3 (se bilaga 2)

Ackumulatortankens  
storlek 1,3 m<sup>3</sup>

#### *Solvärme*

Solvärme kan utnyttjas för uppvärmning av tappvarmvatten under den tid vedpannan inte är igång. Bidraget av energi till tappvarmvatten sommartid visas i tabell 6. Även under den resterande delen av sommarhalvåret beräknas solpanelen kunna bidra med värmeenergi som komplement till vedpannan. Det beräknade bidraget visas i tabell 6.

Erforderlig yta: 12 m<sup>2</sup>

Tabell. 6. Solpanelens bidrag till bostadens energiförsörjning

endast varmvatten (1) (kWh)	varmvatten och del av uppvärmning (2) (kWh)	totalt energibidrag per år (kWh)
890	1 210	2 100
(1)	Värmeenergi från solpanelen under den tid vedpannan inte är igång (2 600 timmar)	
(2)	Värmeenergi från solpanelen under den resterande del av sommarhalvåret då solpanelen kompletterar vedpannan (1 800 timmar).	

Baserat på uppgifter från Örebro Solenergi (1989).

#### *Bränsleförbrukningen*

Bränsleförbrukningen bestäms av bruttoenergiebehovet. Denna framtages genom att inkludera pannans energiförluster i beräkningarna. Ved i kombination med solpanel kommer att medföra en total energiförbrukning av fasta bränslen enligt ekvation 4 (se bilaga 2).

Denna beräkningsmetod ger ett totalt bruttoenergibehov ur skogsbränsle på: 25 MWh

vilket motsvarar 17 m<sup>3</sup>t  
(Baserat på ett underlag av Nilsson et al. 1982).

### Vedeldning i kombination med el

Ett annat alternativ för uppvärmning av varmvatten sommartid är att använda el som värmekälla. I beräkningarna antas att en varmvattenberedare finns i varje bostad. Behovet av energi under de 3,5 sommarmånaderna då endast varmvatten erfordras blir:

890 kWh

Bruttoenergiförbrukningen av fasta bränslen blir i detta fall:

27 MWh  
vilket motsvarar: 19 m<sup>3</sup>t  
(Baserat på ett underlag av Nilsson et al. 1982).

### **Ekonomiska beräkningar**

#### Årskostnad med solpanel som komplement Förutsättningar:

total investering	65 000 kr
avskrivningstid	10-15 år
realränta	6 %
årligt underhåll	2 %

#### Kostnader:

##### fastbränsledelen: (\*)

fasta kostnader	
avskrivning	3 500 kr
realränta	1 600 kr

##### rörliga kostnader

underhåll	100 kr
bränsle	1 700 kr
arbete	1 200 kr

##### soldelen: (\*\*)

fasta kostnader	
avskrivning	1 000 kr
realränta	500 kr

---

TOTALT	9 600 kr
--------	----------

---

Dagspris för egen ved antas vara 100 kr/m<sup>3</sup>t.

I arbete ingår huggning, transport, kapning/klyvning/travning, och eldningsarbete (ur Liedholm et al. 1983).

\* I fastbränsledelen ingår panna med tillbehör. Även en ackumulatortank och likaså kostnader för arbete vid installation är inkluderat (framtaget med hjälp av kostnadsuppgifter av Värme och Sanitetsservice, 1989).

\*\* Uppgifter är hämtade från Örebro solenergi (1989).

#### Årskostnad med el som komplement

Samma förutsättningar som i föregående alternativ.

Fastbränsledelen:

fasta kostnader samt underhåll och arbete (se ovan)

	6 400 kr
bränsle	1 900 kr
eldelen:	
el	400 kr
<b>TOTALT</b>	<b>8 700 kr</b>

Dagens elpris: 44 öre/kWh (Vattenfall, 1989).

## INSTALLERING AV RADIATORSYSTEM

**Radiatorsystem**

Vid konvertering från energiförsörjning med enbart direktverkande el till ett vattenburet värmesystem måste radiatorer installeras. Kostnader för detta har uppskattats med hjälp av bostadsytan för "genomsnittshuset" (se bilaga 5) samt kostnadsuppgifter från Värme och Sanitetsservice, (1989).

Förutsättningar:

investering av radiatorsystem	53 000 kr
avskrivningstid	20 år
realränta	6 %
årligt underhåll	2 %

Kostnader

Radiatorsystem:	
fasta kostnader	
avskrivning	2 650 kr
realränta	1 600 kr
rörliga kostnader	
underhåll	80 kr

SUMMA	4 300 kr
-------	----------

---

I radiatorsystemet ingår radiatorer, anslutningar (dvs rör mm), skorsten samt installationskostnader.

I en nybyggd bostad skulle installationskostnaderna bli något lägre.

## BIOGAS

## Beräkningsunderlag

Antal kor:	146 st
Antal ungdjur:	146 st
Stallperiod:	8 mån
Antal bostäder:	23 st
Max. effektbehov:	9,4 kW/bostad (LUT 100)
Effektbehov varmv.: 0,34 kW	
Energibehov:	24 000 kWh/bostad o år (uppvärmning)
	2 000 kWh/bostad o 8 mån (tappvarmvatten)
Pannverkningsgrad:	70 %

Tabell 7. Möjlig biogasproduktion från fastgödsel och gräs (L. Tyselius 1982, Brolin 1988, Keller 1986)

Material	Biogas m <sup>3</sup> /ton VS	Biogas m <sup>3</sup> /ton ts	Biogas m <sup>3</sup> /ton fast gödsel resp gräs	Energi KWh/ton fast- gödsel resp gräs
Fastgödsel	340	272	54	319
20 % ts				
Gräs	508	457	91	539
20 % ts				

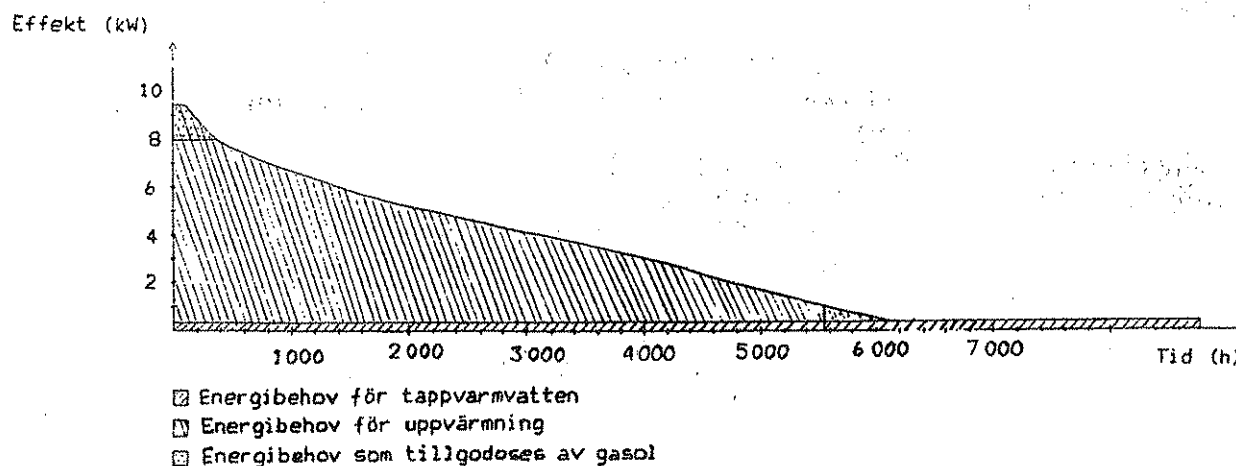


Bild 11. Varaktighetsdiagram över effektbehovet hos genosnittshuset i Vasselhyttan.

## Beräkningar

### Gödselproduktion

Ko: 6,7 ton fastgödsel/år (Kasberg, 1986)  
Ungdjur: 3,3 ton fastgödsel/år (Kasberg, 1986)  
Totalt:  $6,7 \cdot 146 + 3,3 \cdot 146 = 1\,460$  ton fastgödsel/år

### **Biogasbehov** (Se bid 11)

Uppvärmning: Anlägg. dim. för maxeffekten 8 kW/hus och mineffekten 1 kW/hus.

23 bostäder à 23 300 kWh/år  
Varmvatten: 5 570 h, 0,34 kW/bostad  
 $0,34 \cdot 5\,570 = 1\,900$  kWh/bostad  
Uppv. + Varmv:  $23\,400 + 1\,900 = 25\,300$  kWh/bostad  
Totalt:  $23 \cdot 25\,300 = 581,9$  MWh  
 $581,9 / 0,7 = 831,1$  MWh

### *Förluster och processvärme*

För att kompensera värmeförlusterna hos recirkulationsvätskan samt för uppvärmning av gödseln i rötkammaren har de totala värmeförlusterna beräknats till 10 % av energiproduktionen. Dessa 10 % inkluderar beskicknings- och omblandningsförluster.

Biogasbehov:  $831,3 \text{ MWh} / 90 \% = 923,7 \text{ MWh}$

### Gräsproduktion

Gödseln ger:  $1460 \text{ ton} \cdot 319 \text{ kWh/ton} \cdot 0,9 = 419,2 \text{ MWh}$   
(reduceringsfaktor, 0,9 ty mkt halminblandning i fastgödseln)  
Ensilagebehov:  $923,7 - 419,2 = 504,5 \text{ MWh}$   
Rimlig produktion: 7 ton ts/ha o år, 20 % ts-halt  
 $457 \cdot 7 = 3\,199 \text{ m biogas/ha}$  (Se tab 7)  
18,9 MWh/ha  
 $504,5 / 18,9 = 26,7 \text{ ha}$

### **Spetslast** (Se bild 11)

Värmevärde, gasol (95 % propan) : 12 790 KWh/ton (Mörstedt & Hellsten, 1987).

Spetslast vid effektbehov över 8 kW per hus:



$$\frac{(100h \cdot 1,4kW + (1,4kW \cdot 300h)/2) \cdot 23hus}{70\%} = 11,5MWh$$

Gasolbehov vid effektbehov 1 kW eller mindre per bostad:

$$\frac{((6130 - 5570)h \cdot 0,6kW)/2 \cdot 23hus}{70\%} = 5,5MWh$$

Spetslast vid oväntade och snabba temperatursänkningar: Antag 15 MWh

Gasolbehov:  $\frac{11,5 + 5,5 + 15}{12,790} = 2,5ton$

### Tappvarmvatten sommartid

Elbehov:  $\frac{0,34kW/hus \cdot (8760 - 5570)h}{90\%} = 28MWh$

### **Ekonomisk kalkyl**

Kalkylen bygger på uppgifter från Brolin (1988).

### Beräkningsunderlag

Rötningsmaterial	Gräs + fastgödsel
Transport	3 km
Anläggningens effekt	0,3 MW
Drifttid	5 570 h/hår
Gasdistr. sträcka	2,5 km
Markersättning	500 kr/ha
Skördeavkastning	7 ton ts/ha
Realränta	6 %
Avskrivningstid	
Maskiner	10 år
Övrigt	20 år

### Investeringar

	<u>Maskiner (kr)</u>	<u>Övrigt (kr)</u>
Rötningsanläggning	700 000	5 000 000
Gasdistributionsyst.		
systemkomp.	20 000	300 000
gasledning		700 000
Oförutsett 15 %	<u>108 000</u>	<u>900 000</u>
	928 000	6 900 000

Totala investeringar: 7 828 000 kr

### Årliga kostnader

	(kr/år)
Anskaffningskostnad gödsel	
Transporter	30 000
Anskaffningskostnad ensilage	
Odling och skörd	123 000
Markersättning	14 000
Transporter	7 000
Spridning av utrötat mtrl	30 000
Biogasanläggningen	
Avskrivningar	438 000
Ränta	235 000
Elkostnad	12 000
Gasolkostnad	5 000
Driftskostnad	100 000
Underhåll	20 000
Ersättning för restprodukt	<u>-15 000</u>
TOTALT	999 000

Per hushåll:  $999\,000 / 23 = 43\,435$  kr

### Kostnad per kWh

$$\frac{999\,000}{621\,000} = 1,61 \text{ kr/kWh}$$

## FLISELDNING

## Beräkningsunderlag

Antal bostäder:	32 st
Energibehov:	
uppvärmning	24 000 kWh/bostad och år
tappvarmvatten	3 000 kWh/bostad och år
Maxeffektbehov:	9,4 kW/bostad (LUT 100)
(för uppvärmning och tappvarmvatten)	
Totalt energibehov:	864 MWh
(Observera att detta gäller nettobehov, dvs exklusive förluster.)	
Kulvertlängd:	2 025 meter
varav:	huvudledningar ca 770 meter och delledningar ca 1 255 meter
Eldningssäsongens längd:	6 150 timmar (närmare 8,5 månader)
Eldningsintervall:	6 timmar
(vid maxeffektbehov)	
Värmevärde, flis:	4,7 kWh/kg ts
Värmevärde (25 %-vh):	930 kWh/m <sup>3</sup> s
(stjälpt mått)	(Nilsson et al. 1982)
Skörd:	10 ton ts/ha
Tillgänglig areal för energiskog:	15 ha
Verkningsgrad:	88 % (Studsvik, 1989)
(pannans effektiva)	
Verkningsgrad:	90 %
(ackumulator tankens)	
Vattnets värmekapacitet:	1,17 kWh/m <sup>3</sup> °C
Arbetstemperaturintervall:	40°C

## Beräkningar

### Kulvertförluster

Tabell 8. Energiförluster ur kulvertsystemet

Ledningstyp	Diameter (mm)	Längd (m)	Förluster (W/m)	
			Vinterhalvår	Sommarhalvår
huvudledning 1	40,8	570	19	15
huvudledning 2	26,0	200	16	12
delledningar	20,4	635	14	10
delledningar	13,0	620	15	11
Totalt (längd · förlust)			32220 W	24100 W

Observera att förlusterna både beror av diameter och typ av rör.

Med vinterhalvår menas här november - april, med sommarhalvår menas maj - oktober.

Beräkningarna är baserade med utgång från tabeller av Uponor (1989).

### Fliseldning i kombination med solvärme

#### *Flis*

Flis utnyttjas under den del av året där ett energibehov för uppvärmning av bostäderna finns. Under den resterande delen av året (drygt 3,5 månader) är flispannan avstängd. Flisanläggningens storlek bestäms av ekvation 2 (se bilaga 2). Medeleffekt-förlusterna under året beräknas med hjälp av tabell 8 ovan till 30 kW.

Flispannans storlek: 370 kW  
(enligt ovan angivna förutsättningar)

Akkumulatortankens storlek: 47 m<sup>3</sup>  
(enlig ovan angivna förutsättningar)

#### *Solvärme*

Solvärme kan utnyttjas för uppvärmning av tappvarmvatten under den tid flispannan inte är igång. Bidraget av energi till uppvärmning av tappvarmvattnet sommartid (inklusive kulvertförlusterna) visas i tabell 9. Även under den resterande delen av sommarhalvåret beräknas solpanelen kunna bidra med värmeenergi som komplement till flispannan.

Erforderlig yta: 125 m<sup>2</sup>

Tabell 9. Solpanelens bidrag till anläggningens energiförsörjning

endast varmvatten (1) (MWh)	del av varmvatten och uppvärmning (2) (MWh)	totalt energibidrag per år (3) (MWh)
91	26	54 (117)

- (1) Värmeenergi från solpanelen under den tid flisanläggningen inte är igång (2 600 timmar).
- (2) Värmeenergi från solpanelen under den resterande del av sommarhalvåret då solpanelen endast ger en del av energin för uppvärmning av bostäderna och tappvarmvattnet till dessa (1 800 timmar).
- (3) 63 MWh/år avgår som värmeförlust i kulvertsystemet.

Baserat på uppgifter från Örebro Solenergi (1989).

### Bränsleförbrukningen

Bränsleförbrukningen bestäms av bruttoenergibehovet. Denna framtages genom att inkludera anläggningens energiförluster i beräkningarna. Flis i kombination med solpanel kommer att medföra en total energiförbrukning av fasta bränslen enligt ekvation 4 (se bilaga 2).

Denna beräkningsmetod ger ett totalt bruttoenergibehov ur flis på:

1 255 MWh/år

Energi från energiskogsflis: 705 MWh/år (motsvarar 590 m<sup>3</sup>s flis, 25 % vattenhalt).

Energi från skogsbränsleflis: 550 MWh/år (motsvarar 410 m<sup>3</sup>t skogsbränsle, 25 % vattenhalt).

### Fliseldning i kombination med el

Ett annat alternativ för uppvärmning av varmvatten sommartid är att använda el som värmekälla. Eftersom varmvattenberedare antas finnas i varje bostad används inte kulvertsystemet. Någon kulvertförlust uppkommer därför ej under denna period. Behovet av energi under de 3,5 sommarmånaderna blir då:

28 MWh/år

Behovet av fasta bränslen under resten av året blir:

1 288 MWh/år

Energi från energiskogsflis: 705 MWh (Som ovan, vilket motsvarar 625 m<sup>3</sup>s flis, 25 % vattenhalt).

Energi från skogsbränsleflis: 580 MWh (430 m<sup>3</sup>t skogsbränsle, 25 % vattenhalt).

## Ekonomiska beräkningar

### Produktionskostnad för energiskogsflis

Enligt Projekt Energiskog Mälardal (Edén, Johansson, 1989), är produktionskostnaden för Salix:

124 kr/MWh (inkl arbete).

De olika kostnadsposterna fördelar sig enligt bild 12.

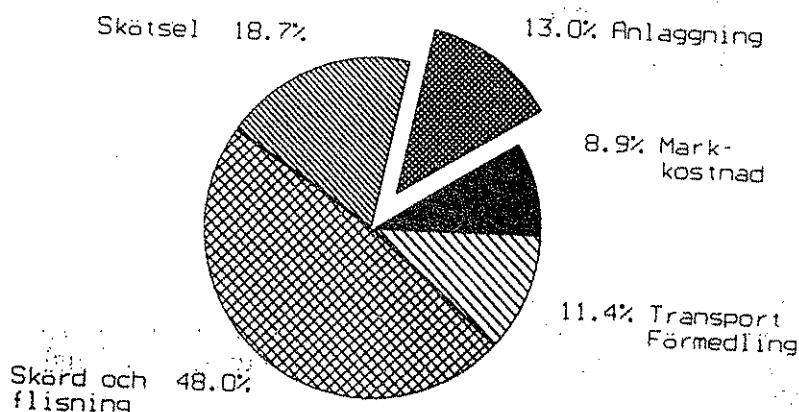


Bild 12. De olika posternas kostnad i en totalkalkyl (Edén & Johansson, 1989).

I dagens läge utgår ett planteringsbidrag med 8 000 kr/ha

Realränta: 6 %

Avskrivningstid: 30 år

Detta medför en ungefärlig slutlig kostnad av 113 kr/MWh.

### Årskostnad för fjärrvärmeanläggning med solpanel

#### Förutsättningar:

investering av fjärrvärmeanläggning:	cirka 3 miljoner
avskrivningstid	10-20 år
realränta	6 %
årligt underhåll	2 %

#### Kostnader:

##### fastbränsledelen: (\*)

##### fasta kostnader

avskrivning

149 000 kr

realränta

82 000 kr

##### rörliga kostnader

underhåll

5 000 kr

bränsle	144 000 kr
arbete	100 000 kr
soldelen: (#)	
fasta kostnader	
avskrivning	13 000 kr
realränta	5 000 kr
rörliga kostnader	1 000 kr
underhåll	
SUMMA	499 000 kr
<hr/>	
Årskostnaden per hushåll	15 600 kr
Dagspriset för flis på marknaden:	115 kr/MWh

\* I fastbränsledelen ingår brännare samt panna med tillbehör. Även en bränsle-container med inmatning, en ackumulatortank och kulvertsystemet är inkluderat (uppgifter av Studsvik Energy, 1989).

# Prisuppgifter är hämtade från Örebro solenergi (1989).

Observera att kostnader för installation ej ingår i uppgifterna.

#### Kostnad för färrvärmeanläggning med el som komplement

För uppvärmning av tappvarmvatten sommartid finns separata varmvattenberedare i bostäderna.

Samma förutsättningar som i föregående alternativ.  
Fastbränsledelen: fasta kostnader samt underhåll  
och arbete som ovan 336 000 kr

bränsle	148 000 kr
Eldelen	
el	12 000 kr
SUMMA	496 000 KR
<hr/>	

Årskostnad per hushåll: 15 500 kr

Dagspriset för el på marknaden: 44 öre/kWh  
(Vattenfall, 1989).